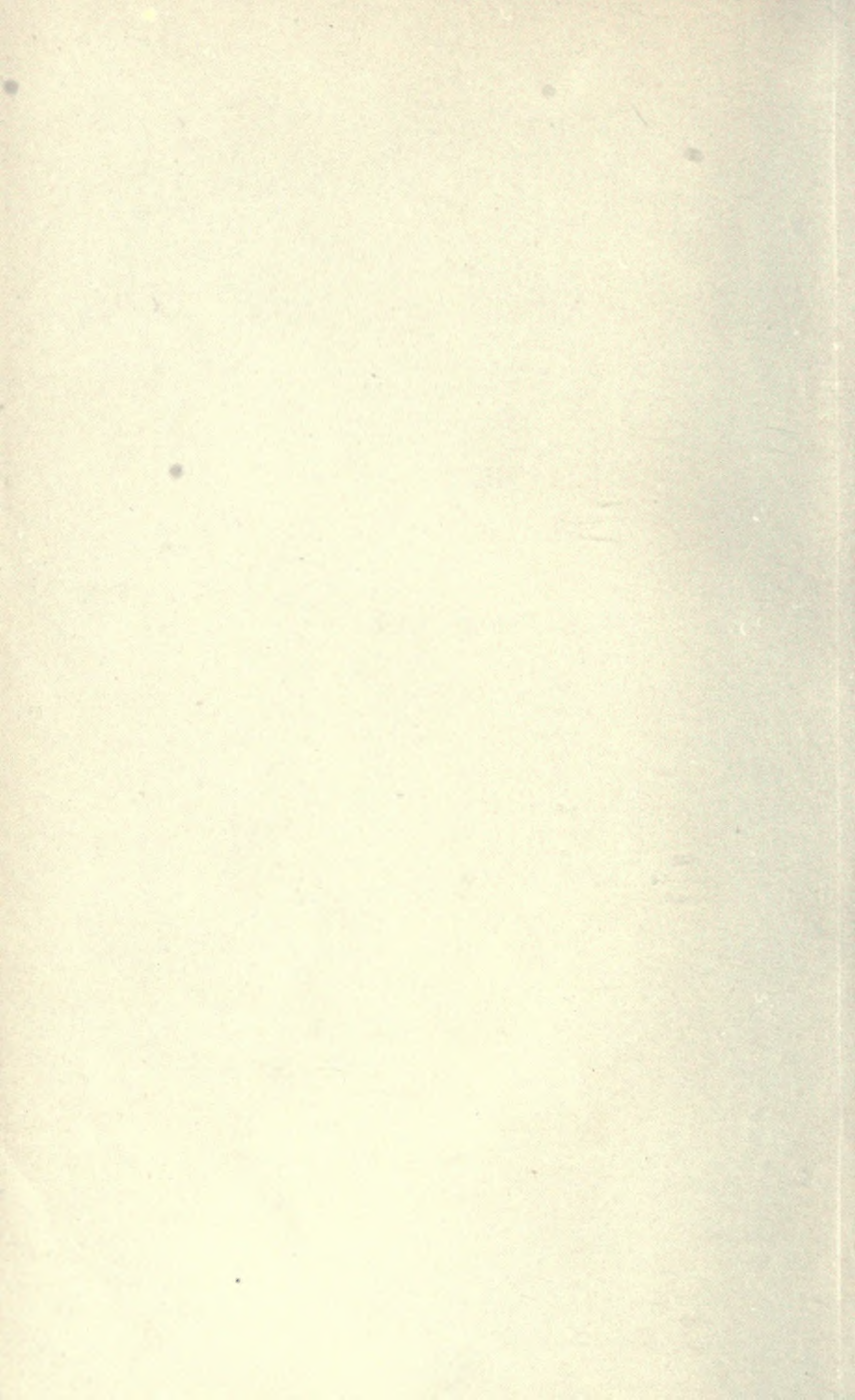








Studien

über

die natürlichen Humusformen

und deren Einwirkung auf

Vegetation und Boden

von

Dr. P. E. Müller
Kopenhagen.

Mit analytischen Belegen von C. F. A. Tuxen.

Mit in den Text gedruckten Holzschnitten und 7 lithographirten Tafeln.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1887.



Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Vorwort.

Die erste Ausgabe der vorliegenden Studien[1]) ist in dänischer Sprache geschrieben und war nur auf den in Dänemark zu erwartenden engeren Leserkreis von Naturforschern und Forstmännern berechnet. Die Darstellung wurde danach eingerichtet, indem dieselbe besonders dänische Naturverhältnisse behandelt, und indem die wenigen in wissenschaftlicher Beziehung neuen Sätze, welche die »Studien« enthalten, in einer Gestalt hervortreten, durch welche ich dieselben meinen Landsleuten ausserhalb des Kreises der Wissenschafter nützlich zu machen hoffte. Nichtsdestoweniger sind die Hauptergebnisse dieser Untersuchungen in die Litteratur anderer Länder eingedrungen, theils durch eine deutsche Uebersetzung eines in eine skandinavische Zeitschrift aufgenommenen Resumé, theils durch wohlwollende Referate. Zu gleicher Zeit sind die Gebiete, auf welchen sich die Beobachtungen vorzugsweise bewegen, in den letzten Jahren weit mehr als früher zum Gegenstand der Forschung gemacht worden und haben zum Theil eine gewisse Popularität gewonnen, nachdem ein so berühmter Name, wie

[1]) Die dänische Ausgabe liegt in zwei Abhandlungen vor, die unter dem gemeinschaftlichen Titel »Studier over Skovjord, som Bidrag til Skovdyrkningens Theori« in die dänische forstliche Zeitschrift »Tidsskrift for Skovbrug« Bd. III, 1879 und Bd. VII, 1884 aufgenommen wurden. Die erstere dieser Abhandlungen trägt den Separattitel »Om Bögemuld og Bögemor paa Sand og Ler«, die zweite »Om Muld og Mor i Egeskove og paa Heder«. Beiden ist ein analytischer Abschnitt vom Docenten der Bodenkunde an der Kgl. Hochschule für Bodenkultur zu Kopenhagen, C. F. A. Tuxen, beigegeben.

der Ch. Darwins, mit einem der Hauptgegenstände dieser Untersuchungen verknüpft worden ist. So ist es gekommen, dass diese »Studien« jetzt in der fremden, namentlich der deutschen Litteratur öfters citirt werden.

Dieser Umstand hat mich veranlasst, dieselben in deutscher Uebersetzung herauszugeben und dadurch dem freundlichen Interesse entgegenzukommen, das, trotz der sprachlichen Schwierigkeiten, diesen Untersuchungen von mehreren Seiten zu Theil geworden ist. Es ist zudem ein nicht zu vermeidender Uebelstand, dass ein paar grössere Abhandlungen, wenn sie in einer so wenig bekannten Sprache, wie der dänischen, geschrieben sind, den Forschern des Auslandes nur durch Referate zugänglich sind, und diese müssen immer dem Verfasser unbefriedigend erscheinen, wenn sie seine ausführliche Behandlung des Gegenstandes ersetzen sollen. Es fehlt deshalb bei den fremden Forschern, die meine Untersuchungen benutzt und citirt haben, auch nicht an Missverständnissen und Auslassungen wesentlicher Punkte, und diese Mängel sind bisweilen von einem solchen Umfang gewesen, dass sie dem Leser eine ganz unrichtige Vorstellung von den »Studien« und deren Ergebnissen beibringen müssen. Diesen wenig befriedigenden Verhältnissen habe ich durch die deutsche Ausgabe abzuhelfen gehofft.

Dadurch habe ich mich auch in der Wahl von deren Gestalt bestimmen lassen, indem dieselbe eine einfache Uebersetzung des dänischen Originals geworden ist. Zwar liegt die Befürchtung nahe, dass der fremde Leser durch das der Arbeit gebliebene lokale Kolorit, welches durch eine Ueberarbeitung zum Besten ausländischer Leser oder der eigentlichen kosmopolitischen Wissenschaft vermieden worden wäre, dann und wann ermüdet werden mag. Eine solche Ueberarbeitung hätte aber leicht das Aussehen gewonnen, als hätte ich unter dem Einfluss einer Behandlung desselben Gegenstandes von Seiten späterer fremder Forscher eine Verbesserung der originalen Arbeit angestrebt, was aber bei dieser Ausgabe durchaus nicht in meiner Absicht gelegen hat. Man wird mir hoffent-

lich verzeihen, dass ich aus den angeführten Gründen keine Umarbeitung unternommen habe, um so mehr, als ja die wahre naturwissenschaftliche Forschung, deren Grundlage die selbstständige Beobachtung der Erscheinungen ist, durch die unvermeidliche Begrenzung der Wahrnehmungen leicht ein lokales Gepräge empfängt. Die deutsche Ausgabe ist also eine wörtliche Uebersetzung der dänischen, ausgenommen nur eine S. 34 hinzugefügte Note und den Nachtrag S. 311—321, sowie die S. 246 vorgenommene Verkürzung einiger Citate aus einem alten dänischen Verfasser, die den Ausländern kaum verständlich sein würden; endlich ist die Einleitung der dänischen Abhandlung von 1878 als Einleitung der ganzen Arbeit hier angebracht. Die Figuren und Tafeln sind dieselben wie in der Originalausgabe; eine Tafel des dänischen Originals, die Feuchtigkeitsverhältnisse des Haidebodens darstellend, ist jedoch ausgelassen.

Die Uebersetzung hat auf einem einzelnen Punkte einige Schwierigkeit verursacht. Zur Bezeichnung der verschiedenen Humusformen waren nämlich ursprünglich ein paar dänische volksthümliche Benennungen benutzt, die sich nicht geradezu ins Deutsche übersetzen liessen. In der vorliegenden Ausgabe sind dieselben durch deutsche Wörter ersetzt, deren eigentliche Bedeutung allerdings etwas abweicht von derjenigen, in welcher sie hier angewandt sind. Ich muss deshalb als Ausländer um Entschuldigung bitten, dass ich mir dergleichen sprachliche Freiheiten — die indessen zum Theil nothwendig geboten waren — herausgenommen habe.

Um die Benutzung der Tafeln der dänischen Ausgabe, die zum Theil nach dänischen Massen konstruirt sind, zu erleichtern, habe ich es für richtig angesehen, in der Uebersetzung für gewöhnlich die Längenmasse des Originals beizubehalten, und ich füge deshalb hinzu, dass der dänische Fuss (12 Zoll) gleich dem preussischen und rheinländischen, also = 313,85 mm ist.

Kopenhagen, im April 1887.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Einleitung 1

I. Ueber die Humusformen der Buchenwälder auf Sand und Lehm. 1878 5

Beobachtungen.

Buchenmull. Charakteristische Pflanzen. Aussehen des Bodens. Mikroskopische und mechanische Analyse. Chemische Analyse. Verhalten der Buche auf dem Mull. Andere Organismen . . . 8

Buchentorf. Charakteristische Pflanzen. Aussehen des Bodens. Mikroskopische und mechanische Analyse. Chemische Analyse. Verhalten der Buche auf dem Torf. Andere Organismen . . . 21

Uebergangsbildungen. Mullartiger Torf. Torf ohne Wurzelmasse. Moostorf. Gemischte humose Ablagerungen 37

Verbreitung und Vorkommen 43

Die Umbildung von Mull und Torf. Uebergang von Mull zu Torf. Die Veränderungen des Torfs 46

Vergleich zwischen Buchentorf und Haidetorf 51

Orientirung.

Ueber die Verschiedenheiten der Humusformen. Die Mechanische Zertheilung der organischen Reste. Die Mischung der organischen Reste. Die Humusform 55

Ueber die Verschiedenheiten des Obergrundes. Der Obergrund unter dem Mull. Der Obergrund unter dem Torf . . . 66

Der Einfluss des organischen Lebens auf die Beschaffenheit des Bodens in den Buchenwäldern 77

Von der pflanzengeographischen Bedeutung der Humusform 80

Ueber Ackererde und Walderde 86

Seite

Anwendung.

Ueber Bodenuntersuchungen 91
Ueber die Bodenpflege im Walde 94
Ueber die Wahl der Baumart 96

Einige chemische Untersuchungen des Bodens in Buchenwäldern von C. F. A. Tuxen 99

Ueber die Humuskörper. Die Menge der Humussäuren in verschiedenen Erdschichten. Das Bindemittel in den festen Erdschichten. Dr. Schütze's Bonitirungsmethode 99
Die Gemengtheile der Erdarten und ihre in Salzsäure löslichen Stoffe. Mullboden in Buchenwäldern. Mit Torf bedeckter Boden in Buchenwäldern. Mit Torf bedeckter Boden unter Haidekrautvegetation 106

II. Ueber die Humusformen der Eichenwälder und Haiden. 1884 119

Beobachtungen.

Der Eichenwald. Die Eichenwälder auf Lehmboden. Die Eichenwälder auf dem mageren jütischen Haidesand. Der Eichenwald im Verfall 122
Der Boden der Eichenwälder. Der Mull des Eichenwaldes auf Lehmboden. Der Mull des Eichenwaldes auf Sandboden. Torfbildungen in Eichenwäldern 132
Der Haideboden. Der torfbekleidete Haideboden. Der mullartige Haideboden. Der Uebergang vom Mullboden zum Torfboden in den Haiden. Torfbekleideter Haideboden ohne Bleisand und Ortsteinbildungen 139
Beobachtungen über den Boden unter anderen Vegetationsformen. Der Boden in den Buchenwäldern. Die Humusform der Fichtenwälder. Torf und Mull in Salzwiesen. Der Untergrund unter Torfmooren. Bleisand und Ortsteinbildungen in versumpften Wäldern mit sandigem Boden 152
Der Einfluss des organischen Lebens auf den Boden. Die Pflanzen. Die Thiere 160
Physikalische und chemische Umbildungen des Bodens. Konsistenz des Bodens. Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens. Ausschlämmung der Bodenkruste. Auswaschung der Bodenkruste. Absorption 176
Verschiedenheiten in der Lagerung und Beschaffenheit des Ortsteins 205

Seite

Schnelligkeit der Haidebildung 224

Rückblick. Verschiedenheit der humosen Erdschichten. Einfluss der Humusform auf den Boden. Rückwirkung der Humusform auf die Vegetation. Haidebildung 230

Orientirung.

Haidebildung. Beschaffenheit des Haidebodens. Bildung des Haidebodens. Ursache der Haidebildung 246

Bedeutung der Regenwürmer für die Humusbildung . . 272

Anwendung.

Bearbeitung des Bodens 287

Begründung der Bestände 294

Einige chemische und physikalische Untersuchungen des Bodens in Wäldern und auf Haiden von C. F. A. Tuxen 298

Mullartige und lehmige Waldböden. Torfbedeckter, lehmiger Waldboden. Torfbedeckter, sandiger Waldboden. Torfbedeckter Haideboden. Vergleichende Untersuchungen des Bodens in Eichengebüsch und Haide bei Viborg 299

III. Nachtrag. 1887 311

Erklärung der Tafeln 322

Einleitung.

Wenn man das Vorkommen unserer gewöhnlichen Waldbäume innerhalb ihrer Wuchszone studirt, so macht es bedeutende Schwierigkeiten, ihre Vertheilung im Terrain mit bestimmten chemischen Eigenthümlichkeiten des Bodens in directe Verbindung zu bringen, so wie dies gewöhnlich angenommen wird. „Kalkpflanzen,“ „Kieselpflanzen,“ „Kalipflanzen“ u. s. w. kommen neben einander vor, ohne dass Menschen es veranlasst hätten, und der geognostische Ursprung des Bodens kann so verschieden sein wie möglich, ohne dass einer der Hauptbäume des Waldes dadurch ausgeschlossen wäre. So kommt die Buche, welche gewöhnlich als eine typische Kalkpflanze bezeichnet wird, nicht allein auf den Kalkbildungen der Rauhen Alp und des Juragebirges, auf Nordfrankreichs Mergelschichten, den Kreideplateaus der Normandie und auf Dänemarks Mergelboden vor, sondern sie entwickelt sich auch prächtig auf den Granitpartien der Vogesen, den Sandsteinbildungen derselben und des Wesergebirges und wandert mit grosser Leichtigkeit in die mageren und kalkarmen Sandböden ein, welche so bedeutende Strecken der die Ostsee umgebenden grossen Ebenen bedecken. Ganz ähnliche Wahrnehmungen kann man bezüglich des Vorkommens der gewöhnlich als Kieselpflanze bezeichneten gemeinen Kiefer und der meisten unserer übrigen allgemein vorkommenden Waldbäume machen.

Aber ebenso schwer zu entscheiden scheint die Frage, welche geognostische Bildung ganz besonders als die „Heimath“ eines Baumes — soweit es sich um unsere gewöhnlichen Waldbäume handelt — als sein natürlicher Boden, auf welchem er sich zur grössten Fülle und Kraft entwickelt, bezeichnet werden könne. Denn auf fast allen Bodenarten kann man sowohl ein vorzügliches Wachsthum, als auch

schlechte und krankhafte Entwickelungen derselben Baumart wahrnehmen. Wenn man aus der ganzen Reihe solcher Beobachtungen die Fälle ausscheidet, welche sich durch klimatische Ungleichheiten, verschiedene Tiefe des Erdreichs, durch die Entfernung des Grundwassers von der Oberfläche u. dergl. erklären lassen, so bleiben doch noch manche Fälle übrig, in denen dieselbe Baumart auf derselben geognostischen Bildung sich höchst verschieden entwickelt. Wenn man ferner solche Bestände, die auf besonders mageren und nahrungsarmen Arten der verschiedenen Formationen stehen, sowie diejenigen aussondert, welche durch schlechte Behandlung bei einer Verarmung des Bodens in landwirthschaftlichem Sinne gelitten haben, so gelingt es doch noch nicht, für die verschiedene Entwickelung der Bestände eine volle Erklärung zu erhalten. Ein fleissiges Studium dieser Verhältnisse wird indessen eine unverkennbare äussere Aehnlichkeit des physikalischen Zustandes des Bodens auf allen solchen Lokalitäten zeigen, welche eine kräftige Waldvegetation tragen, und ebenso zeigt der unter den schlechten Beständen befindliche Boden eine deutliche Uebereinstimmung der verschiedensten Bodenarten in physikalischer Beziehung, wenn man aus seinen Beobachtungen diejenigen aussondert, bei denen die Wachsthumverhältnisse sich aus Ursachen erklären lassen, die mit den oben angedeuteten verwandt sind.

Diese Beobachtungen, welche ursprünglich vom Verf. auf Reisen in den Wäldern Mitteleuropas angestellt und später in unseren eigenen fortgesetzt wurden, haben seine Aufmerksamkeit auf den physikalischen Zustand des Bodens, als einen wesentlichen Faktor der Fruchtbarkeit im Waldbau gelenkt. Es scheint um so mehr Anlass zu sein, diesen zum Gegenstand einer Untersuchung zu machen, als demselben — mit Ausnahme einer ganz einzelnen Seite — von den Verfassern, welche Beiträge zur Theorie des Waldbaues geliefert haben, bisher kaum Beachtung geschenkt worden ist. Ueberdies ist ja die Anwendbarkeit der Resultate und der Untersuchungsmethode der Agrikulturchemie für den Waldbau von dem rechten Verständniss derjenigen Verschiedenheiten zwischen diesen beiden Formen von Bodenkultur bedingt, welche sich auf den verschiedenen physikalischen Zustand beziehen, in dem der Ackerbau durch fortgesetzte Bearbeitung, der Waldbau durch Unterlassung derselben, den Kulturpflanzen den Boden bereitet. Ein Versuch zur Beleuchtung der Bedeutung dieses Unterschieds ist kaum jemals gemacht worden.

Beim Studium der physikalischen Verhältnisse der Walderde hat der Verf. es für nützlich gehalten, andere Mittel anzuwenden, als die, deren man sich gewöhnlich bei Bodenuntersuchungen bedient, nämlich die Methoden der chemischen Analyse und des physischen Experiments. Der Waldboden ist in derselben Weise wie Untersuchungen über die Bauverhältnisse eines Organismus angestellt werden, beobachtet, und es sind dazu dieselben Hülfsmittel, nämlich Dissektion und Mikroskopie gebraucht worden. Die einzelnen Theile des Erdreichs sind an Ort und Stelle in ihren ursprünglichen Lagerungsverhältnissen beobachtet und die chemische Analyse ist nur zu Hülfe gerufen worden, um Verhältnisse, für welche das Auge allein keine Erklärung geben konnte, womöglich zum Verständniss zu bringen.

Wahrscheinlich wird man kaum mit gutem Erfolg ein gleiches Verfahren bei Studien über Ackererde anwenden können, wo Urbarmachung und Bearbeitung, Ausrodung und Auffüllung, Düngung und Mergelung u. s. w. in der mannigfachsten Weise die ursprüngliche Struktur des Bodens gestört haben kann. Im Walde dahingegen, wo der Boden niemals der Einwirkung anderer Faktoren als derjenigen, welche die Natur selbst in Bewegung setzt, unterworfen worden ist, darf man wohl hoffen, wenn das Studienmaterial mit Sorgfalt gewählt wird, auf dem angedeuteten Wege sich einen Einblick in den organischen Zusammenhang der Erscheinungen verschaffen zu können.

Im ersten Augenblick könnte es für unrichtig gehalten werden, ein anscheinend so zufälliges Aggregat wie den Boden der Geschiebeformation als ein zusammenhängendes, ein organisirtes Ganzes studiren zu wollen. Wie mannigfaltige und verschiedenartige Kräfte sind nicht in Bewegung gewesen, um den schon in seinem Ursprung bunt zusammengesetzten Stoff, der unseren Boden ausmacht, umzubilden? Man sollte glauben, dass die mächtige Einwirkung der Vegetation, die rastlose Arbeit der thierischen Organismen, das unaufhörliche Umgestaltungswerk der physikalischen und chemischen Prozesse, dass all' dies zusammen genommen ein so buntes Produkt hervorbringen müsste, dass nicht die Rede davon sein könnte, das Bild eines geordneten Baues mit klar ausgeprägten Charakteren darin zu finden. Das Studium zeigt aber, dass aus dem gegenseitigen Ringen mannigfacher Wirkungen nicht chaotische Verhältnisse, sondern bestimmte Formen hervorgehen, so dass sich sogar verschiedene

Typen des unberührten Waldbodens, als ein organisirtes Ganzes betrachtet, aufstellen lassen. Wie überall in der Natur, so haben auch hier die Typen keine scharf abgestochenen Grenzen, sie fliessen in einander über, aber sie können doch für die Betrachtung festgehalten und durch wesentliche Merkmale charakterisirt werden.

Die hier vorliegende Studienreihe ist nicht als eine wissenschaftliche Arbeit im strengeren Sinne, sondern zunächst als eine in einigermassen populairer Form mitgetheilte praktische Untersuchung mit wissenschaftlichem Beistande anzusehen. Sie hätte sich nicht nach dem Plane ausführen lassen, nach welchem Verf. zu arbeiten wünschte, ohne die vorzügliche Stütze, welche Dozent Tuxen durch seine tüchtigen und sorgfältigen Analysen geleistet hat.

I.

Ueber die
Humusformen der Buchenwälder
auf Sand und Lehm.

1878.



Beim Studium der obersten Schichten des Waldbodens fühlt man sich zu einer Sonderung und Gruppirung der Erscheinungen nach ihrer gegenseitigen Gleichheit und Ungleichheit in wesentlichen Charakterzügen gedrungen, und man muss demnach, wie bei jeder Systematisirung, mit der Heraussuchung scharf ausgeprägter Typen beginnen, um welche die weniger hervortretenden Formen nach innerer Uebereinstimmung geordnet werden können. Aus den mannigfach wechselnden Gestalten, in welchen der Boden in den Buchenwäldern erscheinen kann, habe ich desshalb zwei herausgesucht, die mir sowohl nach ihrem Charakter als nach ihrem Ursprung und ihrer praktischen Bedeutung so verschieden vorkommen und so scharf zu unterscheiden sind, dass Untersuchungen über die obersten Bodenschichten der Buchenwälder sich, wie mir scheint, am leichtesten um diese beiden als charakteristischen Typen gruppiren lassen. Wir wollen daher damit beginnen, nach bestem Vermögen diese beiden Humusformen kennen und verstehen zu lernen, wonach wir unsere Untersuchungen auf einige der mit ihnen verwandten Bildungen ausdehnen wollen, um endlich zur theoretischen und praktischen Anwendung der Beobachtungen zu kommen.

Zu einer Systematisirung gehört indessen eine Nomenklatur. Es sind schon von dem schwedischen Naturforscher v. Post verschiedene Bezeichnungen für die auf dem Boden des Süsswassers abgelagerten Massen organischer Reste vorgeschlagen worden, aber Alles was auf dem trockenen Lande angehäuft wird, bezeichnet man im Allgemeinen als Humus. Wenn man indessen wesentlich verschiedene Arten des Humus kennen lernt, wird es auch erwünscht scheinen, eine kurze Bezeichnung für dieselben zu haben, und ich schlage daher vor, die beiden Haupttypen humoser Ablagerungen in Buchenwäldern durch „Buchenmull“ und „Buchentorf“ zu bezeichnen.

Eine eigentliche Erklärung, was diese Ausdrücke bedeuten sollen, kann natürlich erst gegeben werden, wenn man nach zu Ende geführter Untersuchung in den Stand gesetzt ist, eine Diagnose der beiden Typen aufzustellen. Zur Orientierung soll doch schon hier bemerkt werden, dass ich „Mull“ diejenige Form genannt habe, welche den auf den Feldern und in den Gärten vorkommenden Arten humoser Bodenmischungen am ähnlichsten ist, während ich durch „Torf“ diejenige Form bezeichnet habe, welche mit den eine fortwährende Bearbeitung des Bodens vornehmenden Kulturarten unvereinbar ist. Der Begriff, Torf, bezeichnet ja nicht allein die in Mooren und an anderen feuchten Stellen gebildeten Anhäufungen von vegetabilischen Resten, sondern auch die auf trockenem Lande vorkommende, zusammenhängende, humose, mit verschiedenen, gesellig auftretenden Pflanzen (z. B. Haidekraut, Gras) bewachsene oberste Bodenschicht. Ich habe den Ausdruck „Torf“ in dieser erweiterten Bedeutung hier genommen. Die deutsche Bezeichnung „kohliger Humus“ wird nach der Anwendung, welche die meisten Verfasser[1]) von diesem Worte machen, mit „Torf“ ungefähr synonym sein, während der Begriff „milder Humus“ dem Namen „Mull“ (dänisch „Muld“) zunächst entspricht.

Beobachtungen.

Buchenmull.

Charakteristische Pflanzen. — Es ist wohlbekannt, dass die Bodenvegetation des Waldes an phanerogamen Pflanzen ziemlich variirend und unter wechselnden Verhältnissen von durchgehends verschiedenem Charakter ist. Gewöhnlich wird die Beschaffenheit der Bodenvegetation mit den Schattenverhältnissen der Baumarten und dem Gehalt der Abfallmasse an Nahrungsstoffen in Verbindung gesetzt. Diese Momente müssen allerdings bei der Zusammensetzung der Vegetation, die unter den Bäumen leben soll, eine wesentliche Rolle spielen, aber es scheint unbeachtet geblieben zu sein, dass auch die Art und Weise, in welcher die organischen Reste auf dem Wald-

[1]) So z. B. Ebermayer, Senft dahingegen nicht. S. Ebermayer, Lehre der Waldstreu, 1876, p. 210.

boden zersetzt werden, der Bodenvegetation ihr Gepräge geben, die Entwickelung gewisser Arten begünstigt und andere ausschliesst.

Ganz besonders charakteristisch für den Buchenmull ist der Waldmeister (*Asperula odorata*), und daran reiht sich eine Menge anderer wohlbekannter Waldpflanzen, von denen ich hervorheben will: Bingelkraut (*Mercurialis perennis*), Flattergras (*Milium effusum*), Perlgras (*Melica uniflora*) und *Stellaria nemorum*, zum Theil auch den Waldsauerampfer (*Oxalis Acetosella*), die Waldanemone (*Anemone nemorosa*) u. s. w. Auf dem wohl ausgeprägten Mull kommt entweder gar kein Moos vor, oder nur in vereinzelten kleinen Haufen, namentlich von *Polytrichum formosum Hdw.* Diese Waldmeister-Vegetation — wie man sie nennen könnte — entwickelt sich zur grössten Fülle und Kraft in den fruchtbaren Buchenwäldern; sie unterliegt zwar bedeutenden Modifikationen in ihrer Zusammensetzung und ihrem Gedeihen an den verschiedenen Stellen, allein sie giebt doch ein gutes Kennzeichen für den Mull, im Gegensatz zum Torf.

Das Aussehen des Bodens. Der Erdboden in einem auf Mull stehenden Buchenwalde ist mit einer mehr oder minder mächtigen Schicht des Waldabfalls, von Blättern, kleinen Zweigen, Knospenschuppen, Blüthenkätzchen, Fruchtschalen u. s. w. bedeckt, und alle diese Sachen liegen lose auf und unter einander. Hin und wieder finden sich wohl ein paar durch weisses, dichtes Pilzmycelium verbundene Blätter, aber im grossen Ganzen ist die Masse unzusammenhängend und liegt lose auf der Erde.

Wenn man diese Blattdecke entfernt, so hat die schwarzbraune oder graubraune Oberfläche des Bodens ein griesiges oder krümeliges Aussehen. Die Grenze zwischen dem Laube und der Erde, zwischen den unzersetzten und den ganz zertheilten und vermoderten organischen Resten ist gewöhnlich völlig scharf, so dass man, wenn man die Laubdecke mit der Hand entfernt, die blosse Mullerde vor sich hat, in welcher hauptsächlich nur abgeworfene kleine Zweige, Fruchtschalen u. s. w. die voll erhaltenen Theile des Abfalls der Buchenwälder sind.

Gräbt man in diese Erde hinein, so zeigt sie sich so vollständig locker wie die bestbearbeitete Garten- oder Felderde. Schon wenn man über sie hingeht, merkt man diese Eigenschaft; der Fuss sinkt bei jedem Tritt ein, wie in einen durchgegrabenen Boden. Die obersten anderthalb bis drei Zoll der Erde sind dunkler gefärbt als der Rest, oft ganz schwarzbraun, nach dem Trocknen graubraun, und haben die griesige und klumpige Struktur der Ober-

fläche. Diese Schicht geht allmählich in die Form, welche dem darunter liegenden Boden eigen ist, über, und zwar bis in eine Tiefe von $^{3}/_{4}$—2 Fuss, ja sehr oft sogar von 3—5 Fuss und darüber, von der Oberfläche gerechnet. So tief hinein ist die Erde durchaus locker und lose; aber ihre Farbe kann verschieden sein, wenn sie auch an derselben Lokalität fast immer völlig gleichartig in der ganzen Masse ist. Bisweilen ist die Farbe dieser Erdschicht dunkel graubraun, wie gut bearbeitete Gartenerde, und der Boden scheint dann aus mächtigen, sogar 4 bis 5 Fuss dicken Mullschichten zu bestehen; manchmal ist derselbe heller und oft hat er dieselbe Ockerfarbe wie unser gewöhnlicher gelber Lehm. Soweit meine Untersuchungen sich bisher erstreckt haben, geben sie Anlass zu der Annahme, dass die Farbe in Bildungen der hier besprochenen Art kein wesentliches Moment beim Boden ausmacht, obgleich man in der Praxis darüber ganz anders urtheilt, indem die Schicht in den dunkler gefärbten Lokalitäten zum Mull, in den heller gefärbten zum Untergrunde gerechnet wird. Da die chemische Analyse indessen ergibt, dass in beiden gleich viel organischer Stoff vorhanden ist (s. Prof. I—III auf Taf. I), und da sie in allen Beziehungen durchaus analoge Bildungen zu sein scheinen, so will ich ohne Rücksicht auf die Farbe diese Schicht als Obergrund bezeichnen und den Ausdruck Mull auf die obere, dunkler gefärbte, deutlich griesige Schicht beschränken.

Die Grenze zwischen dem Obergrunde und dem eigentlichen Untergrunde habe ich überall in einigermassen und selbst in ziemlich schwach lehmigem Boden sehr deutlich ausgeprägt gefunden. Schon beim Graben merkt man sie, als den Uebergang von einer vollkommen lockeren und losen Schicht zu einer festeren; ja die Festigkeit wird in der obersten Partie des Untergrundes bisweilen so gross, dass sich nur schwer darin graben lässt, und dass der Spaten oft, selbst bei starken Stössen, jedesmal nur ein paar Zoll Erde löst. Dem Auge zeigt sich der Unterschied zwischen den beiden Schichten als ein Unterschied der Farbe, da der oberste Theil des Untergrundes, ausser seiner grossen Festigkeit, sich auch durch eine hellere, oft fast weissliche Färbung, im Vergleich mit der darüber- und darunterliegenden Erde, auszeichnet („c“ bei den Profilen auf Taf. I und Fig. 9). Da, wo diese weissliche Schicht mächtiger wird, sieht man doch oft Flecke und Adern, welche gleichwie der tiefere Theil des Untergrundes von Eisenoxydhydrat gefärbt sind.

Die Grenze zwischen dem Obergrund und dieser festen weisslichen Schicht, die gewöhnlich eine Mächtigkeit von $^1/_2$ bis 2 Fuss hat, ist oft ziemlich scharf, zeigt sich aber seltener auf längeren Strecken als eine horizontale Linie. Der Obergrund erstreckt sich nämlich häufig in Zungen in den Untergrund hinab, oder es wird die Grenzlinie wellenförmig und unregelmässig. Da ich an den verschiedensten Stellen Nordseelands, an denen ich in nicht allzu sehr von Lehm entblössten Boden hinlänglich tief hinabgrub, so dass die Grenze des lockeren Obergrundes erreicht wurde, die erwähnte feste und weissliche Schicht angetroffen habe (Store Hareskov, Gelsskov, Rungstedhegn, Gribskov, Staatsforsten der Odsharde), so muss ich vor der Hand annehmen, dass diese eine allgemein verbreitete Bildung in Buchenwäldern auf Mullboden ist; nur in dem Stokkebjerger Wald in der Odsharde habe ich die oberste Schicht des Untergrundes nicht so entfärbt gefunden. In einer undeutlichen Grenze, die sich nur bei glatt abgeputzten Profilen bestimmen lässt, geht die oberste Schicht des Untergrundes in den gewöhnlichen, nicht sehr festen, ungleich ockerfarbigen und gesprenkelten, sandigen Lehm über, welcher den Grund der Schichten, aus denen die Vegetation ihre Nahrung zieht, bildet. Auf wirklichem, wenigstens magerem Sandboden scheinen die Grenzen zwischen den Schichten des Obergrundes und Untergrundes nicht unterschieden werden zu können.

Mikroskopische und mechanische Analyse. — Die griesigen und klumpigen Bestandtheile der eigentlichen Mullschicht zeichnen sich überall durch innige Vermischung organischen Stoffs mit den mineralischen Elementen des Erdreichs aus. Zu oberst enthalten die Klümpchen eine grosse Masse von Pflanzen- und einige thierische Reste in verschiedenem Zertheilungsgrade, aber mit noch deutlich erkennbarer Struktur. Weiter nach unten wird die Begrenzung der Klümpchen undeutlicher, und die organischen Reste werden von einer Masse abgelöst, in welcher man nur spärliche Andeutungen einer Struktur trifft und die einem unbestimmbaren organischen Detritus am ähnlichsten ist. Die einzelnen Klumpen sind stets locker und lassen sich durch einen leichten Druck des Deckglases zerdrücken. Wenn man die unteren Theile des Mulls in Wasser legt, so zerfällt derselbe in Körner vom Durchmesser eines halben Centimeters bis zu den feinsten Brocken, die sich aber alle durch die erwähnte Lockerheit und durch die vollständigste und innigste Vermischung organischer Reste mit Sand, Feldspathkörnern,

Thon und anderen Bestandtheilen des Erdreichs auszeichnen. Die untersten Theile des Mulls lassen sich durch das Mikroskop nicht vom Obergrunde unterscheiden.

Der Obergrund zeichnet sich durch seine vollkommen gleichartige Beschaffenheit an Konsistenz, Farbe, Mischungsverhältnissen u. s. w. und zunächst dadurch aus, dass die bald mullfarbigen, bald mehr ockerfarbigen Elemente, welche der Schicht ihre Farbe geben, alle grösseren mineralischen Partikeln im Boden umhüllen. Es ist sehr schwer, eine klare Beschreibung der Struktur dieser inkrustirenden Masse zu geben; sie besteht theils aus anscheinend amorphen Elementen, theils aus kleinen (krystallinischen?) Körpern von allen Grössen bis zu den kleinsten, die selbst bei starken Vergrösserungen kaum mehr zu unterscheiden sind. Aber eigenthümlich für diese Schicht ist die vollständige Gleichartigkeit der Masse; die Humusstoffe, welche ihr zum Theil die Farbe geben, lassen sich in der Regel nicht durch das Mikroskop als Körper für sich unterscheiden; die Farbe gehört im Wesentlichsten der Masse selbst an.

Durch die Loupe ersieht man leicht, dass die Festigkeit, die man so oft in der obersten Schicht des Untergrundes wahrnimmt, nicht von ihrer Dichtigkeit herrührt, sondern ihrem Zusammenhange zugeschrieben werden muss. Die Struktur ist nämlich porös, bisweilen beinahe fein tuffartig. Die einzelnen Partikeln sind zu Brücken, Wänden und Böden in ein System ganz feiner verschlungener Kanäle zusammengekittet und zusammengepackt, deren Wände häufig von abgesetzten Humusstoffen braungefärbt sind, und in das sich hier und da eine feine Pflanzenfaser einen Weg gebahnt hat. Das Wasser muss durch diese Masse leicht hindurchsickern können, und wo sie sich befindet, habe ich auch kein Zeichen von Versumpfung gesehen.

Wenn man den Obergrund unter dem Mull aufgräbt, ist derselbe anscheinend ganz frei von Steinen und Kies, während im Untergrunde der Spaten fortwährend auf Steine stösst. Tuxen's Schwemmungsanalysen zeigen aber, dass das eine Täuschung ist, denn der Obergrund und der Mull enthalten nur um ein Geringes weniger von diesen Elementen, als der Untergrund. Sie sind indessen häufig von den losen Erdpartikeln so umlagert, dass sie beim Graben nicht sichtbar werden und verschieben sich so leicht, dass sie dem Spaten keinen Widerstand leisten. Aber in einer anderen Beziehung besteht ein nicht geringer Unterschied zwischen den unorganischen Bestand-

theilen des Obergrundes und des Untergrundes, indem die Thonmenge im Allgemeinen regelmässig mit der Tiefe zunimmt (Taf. I), so dass sie an den untersuchten Stellen in einer Tiefe von ungefähr fünf Fuss um die Hälfte grösser war als in der obersten Schicht des Obergrundes. Es darf als konstanter Charakter der Oberschicht angenommen werden, dass sie ärmer an Thon ist als der Untergrund und nur die Einsenkungen im Terrain können vielleicht eine Ausnahme davon machen (vergl. Prof. VI).

Chemische Analyse. — Der Mull und der darunter liegende Obergrund enthalten keine freie, lösliche Humussäure; ist die Kohlensäure entfernt, welche in allem frischen Buchenmull das Lackmuspapier roth zu färben scheint, so entsteht keine Säurereaktion. Der Mull selber ist ziemlich reich an Humusstoffen (Prof. I auf Taf. I), aber er enthält doch nicht mehr als 5—10 Procent.[1]) Die Humusmenge ist weit geringer in der obersten Schicht des Obergrundes und nimmt darauf von oben nach unten gleichförmig ab (Prof. I, II und III auf Taf. I). Eine ganz andere Bewegung zeigen die auflöslichen unorganischen Verbindungen. Auch von diesen enthält der Mull eine recht ansehnliche Menge, was leicht begreiflich ist, da diese Schicht des Bodens zum Theil aus unvollständig zersetzten organischen Stoffen besteht, deren Aschenbestandtheile die Menge der auflöslichen Verbindungen vergrössern muss. Unmittelbar unter der dunkleren Mullschicht ist der Boden dahingegen ärmer an auflöslichen organischen Verbindungen, als an irgend einer anderen Stelle im Profil, während darauf ihre Menge im Allgemeinen mit der Tiefe steigt. In den untersuchten Lokalitäten war die Zunahme an Eisen und Kalk auffallend regelmässig; Phosphorsäure und Kali zeigten dagegen grössere Schwankungen.[2])

Das Verhalten der Buche auf dem Mull. — Das Wachsthum der Holzvegetation ist kräftig mit starker Höhenentwickelung, üppiger Blattbildung und glatter, heller Rinde. Es sind sehr umfassende Zuwachsuntersuchungen erforderlich, um den Einfluss des

[1]) S. die nachstehenden Analysen von Tuxen.

[2]) Zwei Analysenreihen sind zu wenig, um daraus detaillirtere Schlüsse ableiten zu können. Es soll deshalb nur bemerkt werden, dass die Probe b' im Profil II von einer ziemlich kompakten Partie des Obergrundes herrührt, der hier nicht, wie im Profil III, von den Gängen des grossen Regenwurmes durchschnitten war.

Mulles auf den Baumwuchs in einigermassen richtigen Zahlen ausdrücken zu können, und solche Untersuchungen sind nicht angestellt worden. Aber schon der blosse Anschein — und jeder erfahrene Forstmann wird es bestätigen, wenn er erst auf die Beschaffenheit des Mulls aufmerksam gemacht ist — zeigt, dass der Baumwuchs überall auf dieser Art humoser Ablagerungen ein guter ist.

Die Ausbreitung der Buchenwurzeln im Mull ist höchst verschieden von ihrer Entwickelung im Torfe. Die an der Oberfläche hinstreichenden Wurzeln sind auch hier in verhältnissmässig grosser Menge vorhanden und die feinen Wurzelverzweigungen werden oft sogar nur wenige Linien unter der Oberfläche der graubraunen Erde angetroffen. Aber die Buchenwurzeln durchweben doch nicht die ganze Erdkruste, sie lassen eine unendliche Menge von grösseren und kleineren Plätzen unbenutzt, so dass die Bodenvegetation Raum gewinnt, sich in der Mullschicht auszubreiten. Der Obergrund ist ebenfalls reich an Verzweigungen und dickeren Stämmen der Baumwurzeln. Die ganze Erdkruste bis zum Untergrunde hinab trägt zur Ernährung der Vegetation bei, und selbst die darunter liegenden festen Schichten sind keineswegs von Wurzeln entblösst, namentlich wo der grosse Regenwurm ihnen Wege eröffnet hat, auf denen sie hinabdringen können.

Andere Organismen. — Der Buchenmull und der dazu gehörige Obergrund sind selbstverständlich die Wohnung einer Heerschaar sichtbarer und dem blossen Auge unsichtbarer kleiner Organismen, sowohl aus dem Pflanzenreiche, wie aus dem Thierreiche, und es ist wohl anzunehmen, dass nicht ein einziger von diesem zahlreichen Schwarm ohne Bedeutung für die Hervorbringung des Mulls ist. Zum Studium aller dieser kleinen Geschöpfe und ihres bunten Zusammenlebens gehören indessen weit mehr Zeit und mehr Voraussetzungen, als dem Verf. zum Behuf der vorliegenden Untersuchung zur Verfügung gestanden haben. Die Organismen, auf welche hier die Aufmerksamkeit gelenkt werden soll, sind deshalb nur diejenigen, welche mir für die Hervorbringung der in Rede stehenden Bodenart die thätigsten zu sein schienen, und meiner Meinung nach beim Vergleich zwischen Mull und Moor die grösste Beachtung verdienten.

Die lose Laubdecke und der darüber liegende Mull wird von einer Reihe von Thieren und Pflanzen, die wiederum von anderen Organismen vernichtet werden, zertheilt und zersetzt.

Unter den Pflanzen sind in erster Reihe die Pilze zu nennen.

Von grösseren, bemerkbareren Pilzformen, die am häufigsten in Buchenwäldern vorkommen, sind mir von Rostrup 47 Arten genannt worden. Aber ausserdem findet man namentlich im Buchenmull eine Heerschaar kleinerer, ebenso häufig vorkommender Schimmel-, Kern- und Schleimpilze, ausser der zahllosen Menge noch tiefer stehender Organismen aus dem Reiche der Moneren. Von den niedrigeren Pilzformen erwähne ich einiger mikroskopisch feinen, braunen oder schwarzbraunen Mycelien, welche namentlich auf den Buchenwurzeln wachsen und von da sich frei in der Erde ausbreiten. Sie scheinen hier keine bedeutendere Rolle zu spielen, als viele von den anderen Arten, aber bei Besprechung des Buchentorfes werden wir auf diese merkwürdigen Organismen zurückkommen. Soweit hinunter im Boden, als sich Spuren von dem organischen Leben der Oberfläche finden, kommen auch Pilze vor, und namentlich sind der Mull und der Obergrund so mit mikroskopisch feinen Mycelienfasern der verschiedensten Gestalt und Farbe durchwebt, dass auch nicht der kleinste Erdklumpen unter das Mikroskop gelegt werden kann, ohne dass diese Gewebe sich zeigen; in grösster Menge scheinen dabei die glasklaren leicht zersetzbaren Fasern vorzukommen. Wenn man bedenkt, dass dieses ganze Gewimmel von todten organischen Resten des Waldbodens oder von den organischen Stoffen des Erdreichs lebt, so wird es einleuchten, welche eminente Rolle sie bei der Humusbildung spielen und wie wesentlich der Charakter der Pilzflora für die Richtung sein muss, welche die Humifikation nimmt.

In dieser reichen, wenn auch unscheinbaren Pflanzenwelt bewegt sich ein nicht minder reiches Thierleben, aus dem ich jedoch nur die Regenwürmer hervorheben will, da diese ohne Zweifel das bedeutungsvollste Glied der Thierwelt im Mull ausmachen.

Betrachtet man im Herbst, wenn das jüngst gefallene Laub den Waldboden bedeckt, die Oberfläche desselben, so wird man in vielen Waldstrecken hin und wieder kleine Stellen bemerken, die nicht so gut von den herabgefallenen Blättern bedeckt sind, wie der übrige Raum, und wo die dunkle Erde noch zu sehen ist. Wenn man erst auf diesen Umstand aufmerksam geworden ist, so sieht man solche Stellen in grosser Menge, oft nur in einer Entfernung von 4—6 Zoll von einander. Eine nähere Betrachtung ergiebt, dass diese unbedeckten Stellen aus kleinen Haufen schwarzbrauner, mit Knospenschuppen, Blattrippen und kleinen Blätterstückchen untermischten Erdklumpen bestehen; in der Mitte des Haufens steckt oft ein wie eine

Düte zusammengelegtes Buchenblatt, mit der Spitze in der Erde. Die Haufen bezeichnen die Mündungen der Regenwürmergänge, und die schwarzen Klumpen, aus denen die Haufen gebildet sind, bestehen grösstentheils aus den Exkrementen der Regenwürmer, was aus einem Vergleich zwischen dem Bau der Erdklumpen und unzweifelhaften, frisch abgelegten Darmentleerungen dieser Thiere, sowie aus dem Inhalt ihres Verdauungskanals selber hervorgeht. Die Exkremente sind doch schwerlich sämmtlich, vielleicht sogar nur zum geringen Theil, auf der Stelle, wo sie sich befinden, abgelegt; wahrscheinlich sind sie im trockenen Zustande von dem Wurm zu einem Haufen über der Mündung des Ganges angesammelt, denn ausserhalb des Waldes habe ich auf gewissen Oertlichkeiten solche ausschliesslich aus kleinen Steinen bestehende Ansammlungen gefunden, wenn der Boden kein anderes Baumaterial liefern konnte.

Es ist der grosse Regenwurm[1]) (*Lumbricus terrestris L.*), welcher in unseren Buchenwäldern die Gänge bewohnt, die einen so künstlichen Ueberbau haben. Wenn man aber die Erde nebenan betrachtet, so bemerkt man überall dieselben Elemente, wie diejenigen, welche die Haufen bilden, nur mehr zerstreut oder vom Regen geebnet, ja bei fortgesetzter Beobachtung scheint es, als ob die ganze oberste Erdschicht bis zur Tiefe von $^1/_2$ oder 1 Zoll ausschliesslich aus Regenwurmexkrementen bestehe, und dass die darunter liegende braune Mullschicht noch beständig derselbe Stoff in einem mehr aufgelösten und zerfallenen Zustande sei. Wenn man die Klümpchen unter dem Mikroskop untersucht, so zeigt es sich, dass sie häufig im Wesentlichen aus einem unbestimmbaren Detritus organischer Natur nebst unorganischen Erdtheilen bestehen; oft aber werden sie hauptsächlich aus grösseren Pflanzenresten von wohlerhaltener Struktur gebildet, ja dieselben sind bisweilen in so grossen Massen vorhanden, dass die schwarzen Klumpen sich mit Pferdeexkrementen en miniature vergleichen lassen, nur mit dem Unterschied, dass die organischen Reste im Pferdemist alle ungefähr die gleiche Grösse haben, weil sie durch Kauen zertheilt sind, wohingegen die Regenwürmerklumpen Reste von sehr verschiedener Dimension enthalten, weil das Thier,

---

[1]) Alle von mir eingesammelten und bestimmten Exemplare gehörten zum *Lumbricus terrestris*, aber wahrscheinlich befindet sich an derselben Stelle auch die verwandte, etwas kleinere Form, *Lumbricus rubellus Hoffm.*, mit dem er die Lebensweise gemein hat.

von welchem sie herrühren, die Pflanzenreste nicht zu zertheilen vermag. Diese werden zur Hälfte in die Gänge hinabgezogen, so dass die Haufen oft wie von einem Büschel von Blattrippen u. dergl. strotzen, und wenn sie dann halb vermodert oder durchweicht sind, werden sie von den Würmern verschlungen. Ich habe in den Klumpen ganze Moosblätter, Stücke von Buchenblättern, grössere Wurzelfasern und eine Masse anderer verschiedener Pflanzenreste gefunden, von denen ich das obenerwähnte schwarzbraune Pilzmycelium erwähnen will, welches ohne eine sichtbare Veränderung zu erleiden, durch den Darmkanal des Regenwurms hindurchgeht. Aber ausserdem befand sich da eine nicht unbedeutende Menge von Chitinstücken, Stacheln und Haaren von Insekten, ja sogar Flügelschuppen von Schmetterlingen und Borsten des Regenwurms selbst.

Ausser diesen organischen Resten enthalten die Klumpen noch einige unorganische Bestandtheile, die auch im Darmkanal des Thieres vorkommen, wie z. B. grössere und kleinere Sandkörner, Lehm u. dergl. Nach einer von Tuxen ausgeführten Analyse dieser Exkremente, die vorsichtig vom Boden aufgesammelt wurden (im Gelskov), ergaben sie, an der Luft getrocknet, folgende Zusammensetzung:

Wasser	7,5	Procent
Verlust beim Ausglühen . .	30,4	„
Asche	51,8	„
Stoffe in Salzsäure löslich .	10,3	„
	100,0	Procent.

In der Asche befanden sich:

Sand über $^1/_3$ mm	12	Procent
Körper unter $^1/_3$ mm . . .	88	„

Da der Gehalt der Mullschicht an diesen Gegenständen annähernd derselbe ist, indem grober Sand sich darin zur Summe von feinem Sand und Thon wie 11 zu 89 verhält, so scheint es, dass der grosse Regenwurm ausser der vegetabilischen Nahrung zugleich etwas Erde verschluckt, wahrscheinlich um der Verdauung der zähen Pflanzenreste zu Hülfe zu kommen, welche der weiche Körper des Thieres nicht zu zertheilen im Stande sein würde, die aber durch die Bewegungen des Darms etwas gemahlen und jedenfalls mit Hülfe des Sandes auseinander gehalten werden.

Wenn man die Gänge weiter hinab verfolgt, so wird man oft den obersten Theil derselben mit einer dünnen Schicht des gelben Untergrundes ausgefüttert finden, dessen Farbe stark gegen den

dunklen Mull, durch den die Gänge hindurch gehen, absticht. Die Gänge laufen einigermassen lothrecht in den Boden hinunter, haben bisweilen eine bajonettartige Biegung, setzen sich aber im Uebrigen ziemlich gerade fort; sie können nicht allein durch den Obergrund hinab, sondern auch durch die oberste helle Schicht des Untergrundes verfolgt werden. Ich habe diese 1 bis 1½ Centimeter weiten Gänge bis zu einer Tiefe von 3 bis 4 Fuss ausgegraben, aber andere Verfasser haben sie noch in einer Tiefe von 6 Fuss[1]), ja sogar von 10 Fuss[2]) beobachtet. In dem hellen Untergrund sind die Wände der Gänge oft mit einer dünnen Schicht der darüber liegenden schwarzen Erde ausgefüttert, welche wesentlich von den Exkrementen des Wurms, die freilich offenbar vorzugsweise auf der Oberfläche abgelagert werden, herrührt. Bei einem sorgfältigen Ausgraben der Erde kann man diese Wurmgänge in erstaunlicher Menge antreffen. So zählte ich im Gelskov zwei Fuss unter der Oberfläche auf einem Areal von 5 Quadratfuss nicht weniger als 43 offene Würmergänge, die weiter in den Untergrund hinabgingen und offenbar alle von dem grossen Regenwurm herrührten. Diese Anzahl giebt für einen Hektar ⅔ bis 1 Million solcher lothrechten Drainröhren von ziemlich bedeutendem Durchmesser. Nachdem die Oberfläche des Untergrundes behufs der Zählung sorgfältig abgeputzt war, bemerkte ich, dass aus mehreren Gängen kleine Wurzelfasern emporragten; indem ich sie anfasste, konnte ich bis 1 Fuss lange, feine, dicht verzweigte Buchenwurzeln heraufziehen; diese müssen ganz lose in den Löchern gesessen und sich also in dieselben hinab erstreckt haben, nachdem der Wurm sich eine neue Wohnung gesucht hatte oder auf seinen nächtlichen Wanderungen den Spitzmäusen oder Maulwürfen zur Beute geworden war.

Diese Würmer sind nämlich nicht ausschliesslich Erdbewohner. Ihre feste Haut und das kräftige braune, schwarzbraune oder blauschwarze irisirende Pigment in der Haut auf dem Rücken und an den Seiten deutet an, dass sie auch auf der Oberfläche sich ergehen, und die Beobachtungen Anderer haben dargethan, dass der grosse Regenwurm des Nachts auf der Erde umherkriecht. Seine Ex-

---

[1]) Hensen, die Thätigkeit des Regenwurms u. s. w. (Siebold und v. Kölliker, Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. XXVIII, 1877 p. 355).

[2]) Hofmeister, Beiträge zur Kenntniss deutscher Landanneliden (Wiegmann, Arch. f. Naturgesch. Jahrg. IX, 1843 p. 187).

kremente zeigen, dass er nicht allein Erde verschlingt, sondern dass er zugleich alle todten vegetabilischen Reste, welche auf dem Waldboden liegen, verzehrt; er muss daher in sehr hohem Grade zur Mullbildung durch ihre Zersetzung beitragen, indem er sie mit der mineralischen Erde vermischt und indem er tiefere Schichten an die Oberfläche hinaufträgt. Die grosse Menge von Gängen, welche er hervorbringt, muss zur Vertiefung des Erdreichs beitragen; er bewirkt gewissermassen eine Durchpflügung des Untergrundes, welche das Wachsthum der Bäume, namentlich in die Höhe, ausserordentlich begünstigen muss.

Allein der *Lumbricus terrestris* kommt bei weitem nicht überall im guten Buchenmull vor. Es giebt grosse Waldstrecken, die auf solchem Boden stehen, in denen die Blätterdecke spät im Herbst sich ohne Unterbrechung über den Boden hin ausbreitet, und auf denen sich die Haufen des grossen Regenwurms nicht finden. Aber auch hier habe ich nicht vergebens nach Regenwürmern gesucht, denn es kommt hier eine der erwähnten Form nahe verwandte, wenn auch weit kleinere Art (*Lumbricus purpureus Eisen*) vor, welche man Buchenregenwurm nennen könnte, da derselbe nach dem schwedischen Forscher Eisen, welcher den Regenwurm zum speziellen Studium gemacht hat, vorzugsweise in Buchenwäldern zu Hause ist.[1]) Seine Lebensweise ist jedoch eine von der des *Lumbricus terrestris* verschiedene; er hält sich unter der Blätterdecke auf, aber gräbt sich nicht in die Erde ein, ja ich habe ihn an feuchten, dunkeln Herbsttagen in nicht geringer Anzahl oben auf und zwischen den herabgefallenen Blättern kriechen sehen. Seine Nahrung ist übrigens ganz dieselbe wie die des grossen Regenwurms, was aus den Untersuchungen des Inhalts seiner Gedärme und seiner zwischen den Blättern abgesetzten Exkremente hervorgeht. Tuxen's Analyse zeigt, dass die Zusammensetzung daher (aus dem Grossen Hareskov) in an der Luft getrocknetem Zustande folgende ist:

Wasser	4,7	Procent
Verlust beim Ausglühen .	23,9	„
Asche	64,0	„
Stoffe in Salzsäure löslich .	7,4	„
	100,0	Procent.

[1]) G. Eisen, Bidrag til Skandinaviens Oligochätfauna (Öfvers. af Kgl. Vetensk.-Akad. Förhandl. 1870. p. 957).

In der Asche befand sich:

Sand über $^1/_3$ mm . . . . 9 Procent

Körper unter $^1/_3$ mm . . . 91 „

In der Erde unter derselben Stelle verhielt grober Sand sich zur Summe von feinem Sande und Thon wie 13 zu 87, so dass daraus mit grosser Wahrscheinlichkeit hervorgeht, dass auch dieser Wurm etwas Erde verschlingt, wenn er auch wegen seiner geringeren Grösse weniger Kies zu sich nimmt, als der grosse Regenwurm, der bisweilen eine Länge von gegen 1 Fuss erreicht.

Der Buchenregenwurm kommt oft in sehr grosser Menge auf der Oberfläche vor und an feuchten Herbsttagen habe ich mehrere Male auf einem Areal von der Grösse eines Quadratfusses solche zu Dutzenden sammeln können.

Aber ausser diesen beiden giebt es im Buchenmull noch mehr Arten von Regenwürmern. Im Obergrunde, gewöhnlich in der Tiefe bis zu 1 Fuss, haust eine Menge der bleichen, fleischfarbigen oder graulichrothen kleineren Regenwürmer, welche die Zoologen früher für eine einzelne Art ansahen (*Lumbricus communis Hoffm.*), die aber jetzt in mehrere Arten unterschieden werden. Von diesen habe ich die *Allolobophora turgida Eisen* oft in grosser Menge gefunden. Ihre Farbe und feine Haut deutet darauf hin, dass sie nur ausnahmsweise aus der Erde an die Oberfläche kommen; sie leben im Untergrunde, haben schwerlich stehende Gänge und fressen sich durch die Erde hindurch, deren feines Pilzmycelium vielleicht ihre vorzüglichste Nahrung ist. Ueberhaupt könnte es wohl die Frage sein, ob nicht vielmehr die Pilzvegetation, welche die Abfallsmassen auf dem Waldboden bedeckt, die Nahrung des Regenwurms ausmacht, und nicht die todten Pflanzenreste, die vom Verdauunngssystem der Würmer nur wenig angegriffen werden.

Dazu kommt noch eine Heerschar von sehr kleinen Regenwurmformen, von wenigen Millimetern bis zu 1 Centimeter Länge, die von O. F. Müller unter dem Namen *Lumbricus vermicularis* zusammengefasst wurden, aber jetzt ein eigenes Geschlecht, *Enchytreus*, ausmachen, welches eine ansehnliche Reihe von Arten zählt. Sie leben vornehmlich in der obersten, einige Zoll tiefen, dunklen Mullschicht, und man kann kaum einen einzigen kleinen Erdklumpen in einen Teller mit Wasser legen, ohne dass einer dieser flinken, glasklaren kleinen Würmer aus dem Klumpen hervorkommt und durch lebhafte Krümmungen sich vor dem Ertrinken zu retten sucht. Durch die

Haut hindurch kann man sehen, dass ihr Darminhalt ganz derselbe ist wie bei den grossen Regenwürmern, und zahlreiche Sandkörner zeigen, dass auch sie Erde verschlingen.

Diese ganze Masse von Regenwürmern, von denen in dem typischen Buchenmull gewiss viele Millionen pr. Hektar leben, muss eine für die Beschaffenheit des Bodens höchst bedeutungsvolle Arbeit verrichten. Dazu kommt dann noch die Thätigkeit ihres Feindes, des Maulwurfs. Dieser lebt hauptsächlich von Regenwürmern,[1]) und der Mull ist desshalb oft allein schon an den Maulwurfhügeln, die er trägt, erkennbar.

Ausser den Regenwürmern giebt es hier selbstverständlich eine grosse Menge pflanzenfressender Insekten und ihrer Larven, nebst den ihnen nachstrebenden Thieren, ferner Tausendfüssler, Landisopoden u. a.; da aber der Regenwurm allein auf dem Mull vorkommt, während der Torf sowohl Repräsentanten von Insekten, als auch von Landkrustenthieren und anderen Gruppen beherbergt, so müssen von thierischen Organismen namentlich die Regenwürmer als für den eigentlichen Mull charakteristisch angesehen werden.

Der Buchenmull ist demnach als eine an thierischem Leben, namentlich an Regenwürmern reiche, in eine lose und unzusammenhängende Schicht umgesetzte Ablagerung der Abfallmasse des Buchenwaldes anzusehen, in welcher die organischen Reste mit der mineralischen Erde innig vermengt sind. Unter dem Mull ist der Obergrund vollkommen locker und gleichmässig gemischt.

Buchentorf.

Charakteristische Pflanzen. — Die Humusform, die wir als Buchentorf bezeichnen, unterscheidet sich in ihrer typischen Form durch ihre Vegetation augenfällig vom Buchenmull. Die für den Buchentorf vorzüglich charakteristischen Pflanzen sind die Drahtschmiele (*Aira flexuosa*) und *Trientalis europaea*. In einigermassen geschlossenen Buchenwäldern, wo der Boden von dieser Humusform bedeckt ist, sind diese Pflanzen ungefähr gleich häufig und die Schmiele tritt nur in zerstreuten Büscheln auf; wo aber der Wald lichter ist, breitet sie sich stark aus auf Kosten der *Trientalis.*

---

[1]) Tauber, Om Tandsät og Levemaade hos de danske Flagermus og Insektädere. (Schiödte, Naturhist. Tidskr. III R. VIII Bd. p. 262.)

Zwischen diesen Pflanzen findet sich in dem noch nicht völlig lichten Walde eine reiche Moosvegetation, welche im Teglstrupper Gehege hauptsächlich von folgenden Formen gebildet wird: *Hypnum triquetrum L., Polytrichum formosum Hdw., Dicranum scoparium Hdw.* und *Leucobryum vulgare Hmp.;* diese sind sehr ausgebreitet, während *Hypnum cupressiforme L.* und *Ceratodon purpureus Brid.* mehr sporadisch vorkommen. Diese Pflanzen machen bisweilen die einzige stärker hervortretende Vegetation aus, aber oft kommt auch die Heidelbeere hinzu, und ausserdem, wenn auch nicht ausschliesslich an den Torf gebunden, so doch vorzugsweise und allgemein auf diesem: die Maiblume (*Majanthemum bifolium*) und Wachtelweizen (*Melampyrum pratense*); in den Silkeborger Wäldern habe ich ausserdem die Blutwurz (*Potentilla Tormentilla*) allgemein vorkommend gefunden. Diese Flora, welche man die Trientalis-Vegetation nennen könnte, ist so charakteristisch für den Buchentorf, dass sie sich vorzüglich zur Richtschnur für das Vorkommen dieser Bildung eignet, obgleich sie, ebenso wie die Waldmeister-Vegetation, etwas in ihrer Zusammensetzung wechselt.

Aussehen des Bodens. — In dem einigermassen geschlossenen Buchenwalde mit Torfschicht ist der Boden nur spärlich mit der obenerwähnten Vegetation bedeckt; er sieht ärmlich bewachsen aus, und kleine Zweige und Reiser, sowie hin und wieder einige Blätterreste, bilden die Oberfläche zwischen dem Moos und den spärlichen, unscheinbaren phanerogamen Pflanzen. Noch auffälliger aber ist es, dass auf dem Torfboden die lose Blätterdecke fehlt, welche überall den Mull bedeckt. Der Boden ist fest und giebt unter dem Fusse nicht mehr nach, als eine dicke Filzdecke über einer festen Unterlage. Die Oberfläche ist so dicht, dass das Regenwasser zuweilen auf dem losen Sandboden Pfützen bildet, wenn der Torf seine Decke über den Boden gezogen hat; ist aber diese Decke nach anhaltendem feuchtem Wetter erst durchnässt, so ist sie oft wie ein Schwamm von Wasser durchzogen, während die unmittelbar darunter liegende Erde trocken geblieben ist.

Gräbt man mit dem Spaten in den Boden, so zeigt sich zuerst eine zähe, schwarzbraune Humusschicht, der Torf. Darunter kommt, mehr oder minder scharf von der Torfschicht abgegrenzt, ein im Allgemeinen loser Sand, dem durchaus die ockergelbe Farbe fehlt, die in der Erdkruste der Geschiebeformation so gewöhnlich ist. Seine Farbe wechselt zwischen graulich weiss und grau oder schwarzgrau und wird in der Regel um so heller, je mehr man sich von

der Torfschicht entfernt. Unter demselben befindet sich eine dunkler gefärbte, rothbraune oder braune Erdschicht und endlich unter dieser sandiger Lehm, Sand oder Zwischenformen von beiden.

Diese Schichten, welche in Fig. 1 (Prof. IV) und 2[1]) dargestellt sind, haben indessen eine sehr verschiedene Mächtigkeit und zeigen auch andere deutliche Verschiedenheiten. Die grauliche Sandschicht, welche wir Bleisand nennen wollen, kann unter einer dünnen Torfschicht zu einem ganz feinen Streifen von kaum einzölliger Mächtigkeit und undeutlichen Grenzen einschwinden, und sie kann bis zu einer scharf begrenzten, fast weissen Sandschicht von vierzölliger Dicke, wie man sie in den nordseeländischen Wäldern sehr häufig findet, anwachsen, weniger allgemein kommen sechs Zoll dicke Schichten vor, doch erreichen diese Ablagerungen in den

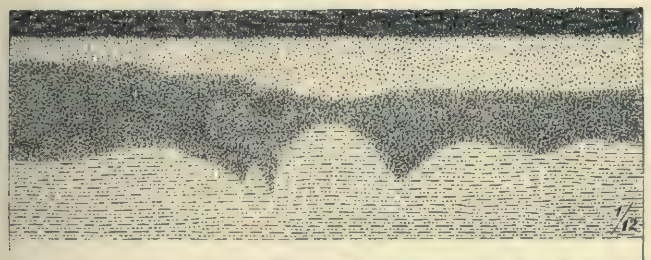


Fig. 1. Prof. IV. Store-Hareskov. [Staatswald auf Seeland.]

Wäldern auf dem jütischen Geschiebesand bisweilen eine Mächtigkeit von ein paar Fuss. Auf flachem Terrain findet oft eine gewisse Uebereinstimmung statt zwischen der Dicke der Torf- und der Bleisandschicht, so dass die mächtigeren Torfschichten über den dickeren Sandschichten gelagert sind. Auf stärker coupirtem Terrain erleidet diese Regel jedoch viele Ausnahmen, indem sich namentlich in den Senkungen oft sehr starke Bleisandschichten unter minder dicken Torfschichten befinden. Der Sand ist im Allgemeinen von sehr losem Zusammenhange; jedoch wird er bisweilen an der Grenze

[1]) Auf Taf. I und II findet sich die Erklärung der Signaturen der Profilzeichnungen, die überall dieselbe Bedeutung haben. Es soll nur bemerkt werden, dass die bei Fig. 2 angewandte Schraffirung mit lauter kleinen horizontalen Strichen, eine harte sandsteinartige Schicht angiebt, die nicht an den Stellen gefunden ist, welche die übrigen Profilzeichnungen darstellen sollen.

der darunter liegenden Schicht fester und an einzelnen Stellen sogar sandsteinartig (Fig 2).

Die unter dem Bleisande vorkommende bräunliche Schicht, die wir in der Folge Rotherde oder Ortstein nennen wollen, ist ebenso wechselnd an Mächtigkeit und Konsistenz. Unter den feinen, kaum zolldicken Bleisandstreifen hat die Rotherde gewöhnlich auch keine grössere Dicke, aber unter mächtigeren Schichten des weissen Sandes kann auch diese Bildung eine Dicke von 4 bis 6 Zoll, ja sogar bis gegen 1½ Fuss erreichen. Die gesammte Mächtigkeit dieser drei Schichten habe ich demnach zwischen kaum 4 Zoll und 2½ Fuss wechseln sehen. Die dünnen Rotherdeschichten sind immer locker und erdig, ja selbst mächtigere Ablagerungen von 4 bis 6 Zoll zeigen oft eine solche geringe Konsistenz. Aber im Allgemeinen sind die dickeren Rotherdeschichten fest und entwickeln sich dann entweder zu einer sandsteinartigen Bildung oder zu dem von den Heiden her wohlbekannten wirklichen Ortstein, wie namentlich in den Silkeborger Wäldern in Jütland.

Diese beiden Schichten nehmen entweder den ganzen Platz des Obergrundes (Prof. VIII Fig. 2), oder auf jüngeren, schwächeren Bildungen nur den kleineren, obersten Theil ein (Prof. IV, X, Fig. 1, 9). Je nachdem die erstere oder die letztere Entwickelung stattgefunden hat, werden wir den lockeren, wohlgemischten Obergrund ganz in diese Schichten umgebildet finden, oder er nimmt noch einen grösseren oder kleineren Raum zwischen der Rotherde und dem Untergrunde ein (Fig. 9). Oft ist der Boden unter der Rotherde jedoch sehr hart und fest, bei einer nur 10—12zölligen Mächtigkeit der gedachten Schichten, ohne dass man mit Sicherheit sagen kann, dass wir hier den ursprünglichen Untergrund haben.

Dieser ist also bei einer grösseren Mächtigkeit der Bleisand- und Rotherdeschicht sehr häufig fest, wie der Untergrund unter dem Mull; im Uebrigen aber ist er sehr verschieden und er kann aus allen Zwischenformen zwischen dem mageren, thonarmen Sande, den wir in der Geschiebeform finden, und dem der Braunkohlenformation eigenthümlichen, plastischen, glimmerhaltigen Lehm bestehen. Ist der Untergrund sandig oder kiesig, so zeigen die beiden darüber liegenden Schichten geringe Abwechslungen, ausgenommen bezüglich der Mächtigkeit; wenn er dahingegen lehmhaltiger ist, so habe ich die genannten Schichten im Wesentlichen in drei verschiedenen Formen gefunden.

Für die erste Form kann das Profil VI (Taf. II) im Store Hareskov (Seeland) als Muster dienen. In einer Vertiefung zwischen höheren Partien[1]) befand sich unter einer nicht besonders festen Torfschicht von $2^1/_3$ zölliger Dicke eine sehr helle, gleichförmig gefärbte Lehmschicht von 5zölliger Mächtigkeit und darunter eine ebenso gleichmässige rothbraune Lehmschicht von derselben Ausdehnung, die auf einem Untergrunde von gewöhnlichem, ungleich gefärbtem, ockergelbem sandigem Lehm ruhte.



Fig. 2. Prof. VIII. Strandskoven [Staatswald auf Seeland].

Die zweite Form ist im Profil VIII in Fig. 2 aus dem Teglstrupper Gehege (Seeland) dargestellt. Es zeigt eine nur einige Monate vorher ausgehobene Lehmgrube auf einem hochgelegenen Terrain, das auf drei Seiten in einer Entfernung von 50 bis 100 Ellen, von 6 bis 8 Fuss niedrigeren Partien umgeben war. Unter einer 4 Zoll mächtigen, ungemein zähen Torfschicht befand sich eine 6 bis 7 Zoll dicke, weissgraue Bleisandschicht und darunter eine 16 Zoll mächtige sandsteinartige Schicht von heller graubrauner

[1]) Das Nivellement zeigte, dass das angrenzende Terrain in einer Entfernung von 40 Ellen nach beiden Seiten sich beziehentlich auf 5 und 7 Fuss hob.

Farbe mit dunkelbraunen Adern und Figuren. Von oben nach unten lief eine Ader des darüberliegenden Bleisandes. Der Untergrund bestand wie auf der vorher beschriebenen Lokalität aus dem gewöhnlichen sandigen Lehm mit Kies, Sand und Glacialsteinen.

Die dritte Form ist aus der Fig. 3 zu ersehen, welche das Profil (Prof. IX) der Erdschichten auf einem hochgelegenen Plateau mit schwacher Böschung im Laven-Skov bei Silkeborg (Jütland) zeigt. Unter der sehr zähen, mehr als 4 Zoll dicken Torfschicht befindet sich eine 3 bis 4 Zoll dicke Schicht von feinem, weisslichem, glimmerhaltigem Sande, deren unterste Partie etwas stärker gefärbt und zu einem sehr festen Stratum von geringer Mächtigkeit verbunden ist. Darunter liegt unmittelbar ein beinahe plastischer, glimmerhaltiger Thon ohne Glacialsteine, der unzweifalhaft zur Braunkohlenformation zu zählen ist. Obgleich der darüber liegende Bleisand, wie eine dichte Masse ohne Risse oder Oeffnungen den Thon bedeckt, ist die oberste Partie des letzteren doch voller Spalten, welche an vielen Stellen Theile des Bodens in grössere und kleinere Klumpen absondern. Die Spalten sind mit einer schwarzbraunen pulverförmigen Masse ausgefüllt, und auch die Klumpen sind damit überzogen, so dass der Boden an einem reinen Einschnitt mit braunen Adern gezeichnet erscheint. Wenn man das braune Pulver, welches den Thon bedeckt, abschrabt, so erscheint die Oberfläche des letzteren graulich, bleisandartig und weniger reich an Thon; aber in grösserem Abstande von der braunen Oberfläche (von einigen Linien bis zu 1 Zoll) ist die Masse plastisch und ockerfarbig.

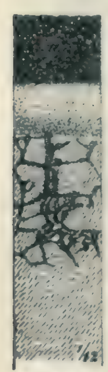


Fig. 3. Prof. IX. Laven-Skov (Silkeborg, Jütland).

Mikroskopische und mechanische Analyse. — Schon mit dem blossen Auge und mittelst Anwendung der Loupe zeigt es sich, wenn man die zähe, filzartige Torfdecke zertheilt, dass Abfälle des Buchenwaldes, Blüthen, Blätter, Knospenschuppen und Fruchtschalen nebst einem unendlich verzweigten Gewebe von grösstentheils feinen Wurzeln die Hauptmasse dieser Schicht ausmachen. Die Wurzeln sind überall gleich gebaut, und ihre anatomischen Verhältnisse zeigen, dass sie dicotylen Pflanzen angehören. Es giebt indessen eine gewisse Struktur, namentlich in dem dickeren Torf, die sich in horizontale Schichten spalten lassen; diese werden grösstentheils aus Buchenblättern gebildet, die Platte an Platte zu einer ununterbrochenen Reihe von Bündeln

zusammengelegt sind. Wenn man ein solches kleines Bündel weiter spaltet, so gewahrt man, dass es eine stark verzweigte Wurzel einschliesst, welche zwischen den Blattflächen ausgebreitet ist, als ob sie flach gepresst worden wäre. Fig. 4 giebt ein vergrössertes Bild eines solchen Blattbündels, dessen eine Seite entfernt ist.

In der obersten Partie des Torfes sind die Abfallreste des Buchenwaldes einigermassen unversehrt; es findet sich eine grosse Menge gut erhaltener Blätter zwischen Bruchstücken von anderen. Je tiefer man aber in die Schicht hinabkommt, desto unregelmässiger wird die Schichtentheilung, desto zerbrochener sind die Blätterreste und desto mehr wird die Masse von den Wurzeln nach allen Richtungen durchwoben. In dem untersten Theil des Torfes ist der Abfall des Waldes weit stärker zertheilt, in Bruchstücke von allen möglichen Grössen zerfallen, und mit einem feinen schwarzbraunen Pulver vermischt. Ganz dünne Torfschichten oder solche von geringerer Mächtigkeit zeigen eine schwächere Abstufung von oben nach unten, haben aber in der Hauptsache ganz dieselbe Beschaffenheit.



Fig. 4.
Buchenwurzeln, welche sich im Torf zwischen den Blattfragmenten ausbreiten; die überliegenden Blätter sind entfernt.

Wenn man die feinen Wurzelverzweigungen von den todten Blättern, auf denen sie sich ausbreiten, zu sondern sucht, so leisten sie einen gewissen Widerstand, dessen Ursache sich nicht mit blossem Auge entdecken lässt. Die mikroskopische Analyse aber zeigt das verbindende Element. Die ganze Masse, Zweige sowohl als Blätter und anderer Abfall, ist nämlich übersponnen und durchwebt von einem dichten Netz feiner schwarzbrauner Fäden, die sehr zähe und hornartig hart zu sein scheinen. Es ist dies ein Pilzmycelium, das, in unendlichen Massen entwickelt, die ganze Schicht zu dem dichten und festen Filz, aus dem der Torf besteht, durchwebt und verbindet (Fig. 5). Dieses Mycelium lässt sich auf einige wenige Pilzformen zurückführen, von denen die am häufigsten vorkommenden in Fig. 6

abgebildet ist, während eine andere, oder vielleicht zwei andere, in Fig. 7 dargestellt sind.

Es ist dem Mycologen, Dozent Rostrup, der diese Mycelien nach meiner Aufforderung studirt hat, noch nicht gelungen, mit Sicherheit



Fig. 5.

Eine Buchenwurzel im Torfe, mit der Spitze einer halbzersetzten Knospenschuppe durch das schwarzbraune Pilz-Mycelium zusammengewebt.

ihren systematischen Platz zu bestimmen. Die gewöhnlichste Form (Fig. 6) zählt er zum Cladosporiengeschlecht, und er meint, dass sie möglicherweise mit dem *Cladosporium epiphyllum Fr.* identisch sei, oder vielleicht eher als eine eigene Art betrachtet werden müsse, welche er vorläufig *Cl. humifaciens* nennt. Die Frage wird nicht eher zu

entscheiden sein, als bis das Mycelium in Verbindung mit der einen oder der anderen Form der dazu gehörigen Fructificationsorgane



Fig. 6. Mycelienfäden von *Cladosporium humifaciens Rostr.*

gefunden wird, was bisher nicht gelungen ist. Die Cladosporienformen treten nach Rostrup überall auf verwesenden und vermodernden Blättern auf, mögen sie nun noch auf den Bäumen und Sträuchern sitzen oder abgefallen sein. Der Platz der anderen Formen (Fig. 7) ist noch dunkler; doch schlägt er vor, vorläufig das Mycelium mit körniger Oberfläche (Fig. 7 b) zu der *Sorocybe Resinae Fr.* (Summa veget. Scand. p. 468) zu rechnen.

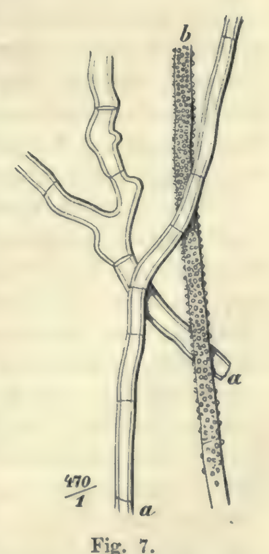


Fig. 7.
Braune Mycelienfäden ohne Schnallenzellen. (Buchentorf.)

Um das Vermögen dieser Mycelienformen, die Abfallmasse des Waldes zu verbinden und die in der Torfschicht enthaltenen Wurzeln an diese zu befestigen, recht zu begreifen, muss man ihre erstaunliche Widerstandskraft gegen zersetzende Einflüsse beobachten; dies mikroskopische Gewebe scheint fast unverwüstlich zu sein. So findet man in dem untersten Theil des Torfes Brocken und Stücke abgestorbener

Gewebe, und in dem Magen und den Exkrementen der Regenwürmer und Insektenlarven kommen Theilchen derselben schwarzbraunen Fäden vor, die anscheinend von den Flüssigkeiten des Verdauungskanals ganz unberührt geblieben sind. Bei einer weiter unten erwähnten Beobachtung (p. 50) habe ich unzählige Ueberbleibsel dieser Gewebe in unendlich zertheiltem Zustande, die wahrscheinlich schon seit einer Reihe von Jahren abgestorben waren, angetroffen. Diese grosse Widerstandskraft gegen zersetzende Einflüsse theilen sie auch in einem gewissen Grade dem Torf mit. So habe ich im Silkeborger Nordskov bei der Untersuchung des Bodens in einem wenigstens zwanzigjährigen Fichtenbestand, unter einer dicken Schicht der Abfallsmasse desselben an Nadeln und Zweigen, den alten Buchentorf, auf dem er ursprünglich gepflanzt wurde, mit Blätterstückchen und ähnlichen Gegenständen, die wie im frischen Torf des Buchenwaldes zusammengewebt waren, ziemlich gut erhalten gefunden. Einen wie grossen Antheil auch das erwähnte ausserordentlich entwickelte Wurzelgewirr an der Konsistenz des Torfes haben möge, so kann es dennoch keinem Zweifel unterliegen, dass diese vorzugsweise dem braunen Mycelium zuzuschreiben ist.

Zu den erwähnten Bestandtheilen des Torfes kommt dann noch eine grosse Menge untergeordneter Elemente, wie die Reste anderer Pflanzen, einige Chitintheile von Insekten, hin und wieder einige Insektenexkremente, sowie endlich der Moosthallus, der eine ähnliche Rolle spielt wie das braune Mycelium, aber dessen Dauerhaftigkeit und Widerstandskraft gegen zersetzende Einflüsse zu entbehren scheint.

Die Schwemmungsanalysen zeigen, dass die drei unter dem Torf liegenden Schichten, ebenso wie unter dem Mull, an Steinhaltigkeit mit der Tiefe zunehmen; aber ihr Thongehalt steigt bald mit der Tiefe, bald nimmt er mit derselben ab. Es ist in dieser Beziehung von besonderem Interesse zu bemerken, dass alle Profile, die höher gelegenen Stellen entnommen sind, sogar sehr bedeutend an Thongehalt mit der Tiefe zunehmen, wohingegen das einzige untersuchte Profil (Prof. VI Taf. II) von einem besonders tiefliegenden Punkt seine grösste Thonmenge unmittelbar unter dem Torf hat. Wir werden später sehen, dass dies Verhältniss dem Vermögen des Wassers, den Thon von den höher gelegenen Partien abzuschwemmen und ihn entweder in die Tiefe des Bodens oder nach dem niedriger liegenden Gelände zu führen, zugeschrieben werden muss. Um mich indess davon zu überzeugen, dass der Prozess nicht der umgekehrte ist,

und dass nicht der Sand durch die Wasserbewegung fortgeführt wird, wie die Praktiker dies gewöhnlich glauben, wenn sie weissliche Sandstreifen in der Nähe der Erdoberfläche sehen, habe ich mit dem Beistande des Hegereiters Bruhn ein Profil von einer Länge von 460 Ellen im Store Hareskov untersucht. Hier zeigten sich Bleisandbildungen in verschiedener Mächtigkeit längs der ganzen Linie, aber es zeigte sich durch das sorgfältige Nivellement, dass Hügelspitzen, kleine Plateaus und Senkungen sich ganz in gleicher Weise verhielten, indem hier von keiner Sandverschwemmung irgend welcher Art die Rede war.

Die weitere Untersuchung der eigenthümlichen Struktur des Bleisandes und der Rotherde zeigt ferner, dass der erstere hauptsächlich aus reinen mineralischen Bruchstücken, vornehmlich Quarz, mit Theilchen der übrigen Bestandtheile des Granits untermischt, besteht. Die humusartigen Theilchen, welche namentlich die oberste, unmittelbar unter dem Torf liegende Schicht des Bleisandes dunkel färben, sind ausser feinen Wurzelfasern im wesentlichsten kleine schwarze Humuspartikeln, welche zwischen den Sandkörnern eingelagert liegen. Von ganz anderer Beschaffenheit ist die Rotherde. Hier ist jedes Korn, jede feste Partikel von einer anscheinend strukturlosen Substanz umgeben; sie sind von dem braunen Stoff, welcher der Schicht ihre Farbe giebt, inkrustirt, und die ganze Masse wird dadurch dem Obergrunde unter dem Mull so auffallend ähnlich, dass es bei der gleichen Farbe unmöglich war, durch das Mikroskop einen erkennbaren Unterschied zwischen der Struktur der Rotherde und dieser Schicht zu finden. Eine ähnliche Inkrustirung, die aber im Allgemeinen weniger vollkommen und von anderer Zusammensetzung ist, findet man im lehmigen Untergrunde.

Chemische Analyse. — Die Torfschicht des Buchenwaldes enthält eine grosse Menge organischer Bestandtheile, die sich in der Regel um 40 Procent herum bewegt und zwischen 30 und 50 Procent wechseln kann; aber ausserdem ist sie sehr durchsäuert nicht allein durch ihren Gehalt an Kohlensäure, sondern zugleich durch eine bedeutende Menge von Humussäuren,[1]) die ohne Zweifel, indem sie diese ganze torfartige Masse durchdringen, zu deren Dauerhaftigkeit beitragen. Im Uebrigen ist sie, wie Taf. II zeigt, ausserordentlich reich an Pflanzennahrungsstoffen, was sich allein aus ihrem grossen

---

[1]) S. Tuxen's Analysen im Anfang.

Gehalt an Pflanzenresten und den Aschenbestandtheilen derselben erklären lässt. Auch der in der Regel an Mull sehr arme Bleisand ist nicht ganz frei von Säuren, aber diese finden wir doch in weit grösserer Menge in der wieder an Humus reicheren Rotherde, in der, wie es scheint, der überwiegende Theil der färbenden organischen Stoffe aus Humussäuren, die vermuthlich grösstentheils an verschiedene anorganische Basen gebunden sind, besteht.

Der Bleisand ist verhältnissmässig sehr arm an solchen Verbindungen, die sich in verdünnter Salzsäure auflösen lassen. Er muss desshalb als eine ungemein magere Erdschicht angesehen werden. Von da steigen die auflöslichen Stoffe abwärts nach dem Untergrunde zu, gleichwie unter dem Mull, aber weit schneller; man muss unter dem Mull 4 bis 6 Mal so tief in die Erde hinabsteigen als unter dem Torf, um die Menge der gewöhnlichen und als Pflanzennahrungsstoffe wichtigen unorganischen Elemente an Masse verdoppelt zu finden. Alle unsere Analysen rühren von Torfbildungen in seeländischen Buchenwäldern her, und hier zeigt sich keine Anhäufung von Eisen in der Rotherde (Taf. II), wohingegen Kalk, Magnesia und Thonerdehydrat dort in grösserer Menge abgelagert zu sein scheinen, als tiefer unten. Bei den jütischen, ortsteinähnlicheren Bildungen sind doch augenscheinlich selbst sehr bedeutende Massen von Eisenoxydhydrat in dieser Schicht enthalten. Phosphorsäure und Schwefelsäure kommen auch, gleichwie in der Rotherdenschicht der Haide, in ziemlich reichlicher Menge vor. Diese Bodenart muss deshalb für verhältnissmässig reich an Nahrungsstoffen angesehen werden, und wo sie lose und unzusammenhängend ist, kommen deshalb in ihr auch weit mehr Pflanzenwurzeln vor, als im Bleisande und im Untergrunde.

Das Verhalten der Buche auf dem Torf. — Die Buchenbestände auf torfbekleidetem Boden haben ein langsames Wachsthum; die älteren Bäume haben dürre Wipfel, sind oft mit Moos bewachsen und tragen andere Zeichen eines krankhaften Zustandes. Doch findet man auch häufig auf weniger mächtigen Torfbildungen Bestände, deren Aussehen zwar verräth, dass sie augenblicklich leidend sind, deren Form und Höhenwuchs aber darauf hindeutet, dass sie früher vollkommen gesund gewesen sind, ja dass sie sogar ein ausserordentlich gutes Wachsthum gehabt haben müssen. Wie wir später sehen werden, ist man gewiss zu dem Schlusse berechtigt, dass die Torfbildung hier verhältnissmässig jungen Ursprungs ist.

Obwohl es sich leicht erkennen lässt, dass das unendlich dichte Wurzelgewirr, welches den Torf durchwebt, von holziger Beschaffenheit ist, war es mir doch lange ein Räthsel, auf welche Pflanze ich es zurückführen sollte, und ich vermuthete zuerst, dass die häufig auftretende Heidelbeerpflanze damit in Verbindung stehe. In der That trägt dieselbe auch etwas zu jener Bildung bei, aber in der Regel doch nur verhältnissmässig wenig. Erst durch vielfache Ausgrabungsversuche, namentlich an Stellen, wo nicht die geringste Spur von Heidelbeerpflanzen vorhanden und wo die Buche das einzige baumartige Gewächs war, gelangte ich zu der Ueberzeugung, dass die Wurzeln des alten wachsenden Buchenwaldes selber in der Erdkruste ein filzartiges Gewebe von einer so merkwürdigen Dichtigkeit bilden, dass man kaum ohne eigene Beobachtung sich eine klare Vorstellung davon machen kann. Noch überraschender aber war für mich die Wahrnehmung, dass in den mächtigen alten Torfschichten dieses Wurzelsystem fast die einzige lebende Partie der Wurzel ist. In der erwähnten Lehmgrube, welche im Profil VIII (Fig. 2) dargestellt ist, konnte ich mich unter eine alte Buche, die auf dem Torfe wuchs, eingraben. Ich stiess grosse Partien der darunter liegenden Bleisandschicht von der Decke der Höhlung nieder und fand, dass die Schicht so gut wie gar keine Buchenwurzeln enthielt, sondern dass diese allein in der vom Torfe gebildeten obersten braunen 4 Zoll dicken Masse angesammelt waren. Nur eine einzige halb abgestorbene und unverzweigte dicke Buchenwurzel ging in die Tiefe hinab durch die 1½ Fuss dicke sandsteinartige Rotherdenschicht bis zum lehmigen Untergrund. Sie war einmal ein Zeugniss, dass die dazwischen liegende 1¾ Fuss dicke Schicht sich nicht für die Wurzelverzweigungen der Buche eignete und zweitens, dass diese ganze mächtige Bildung wahrscheinlich im Laufe des zweihundertjährigen Bestehens des Buchenwaldes entstanden war; denn die Rotherde war so hart und dicht, dass keine Pflanzenwurzel sich einen Weg durch sie hindurch hätte bahnen können. Auf solchen starken Torfbildungen kommt der Buchenwald also so zu sagen oben auf dem Boden zu stehen und zieht seine Nahrung wesentlich aus seinem eigenen Abfall. Die frischen Saugwurzeln befinden sich denn auch vorzugsweise zwischen den obersten Blätterschichten, und der grösste Theil des unermesslichen Gewebes ist nicht mehr im Stande, Nahrung aufzunehmen, und ist nur noch als ein nicht zersetzter Rest früherer Ernährungsorgane anzusehen.

Das volle Verständniss davon erhält man erst durch eine Untersuchung der funktionsfähigen Spitzen der Buchenwurzeln. Wenn man eine der zwischen den Blättern im obersten Theil des Torfes fein verzweigten Buchenwurzeln auspräparirt, so sieht man, dass mehrere der im Uebrigen dunkelbraunen und runzligen Wurzelfasern in eine helle, weissliche Anschwellung enden[1]) (Fig. 4). Nur dieser Theil der Buchenwurzel, der kaum länger ist als einige wenige Millimeter, ist mit einem hellen, schwellenden Rindenparenchym, dessen Zellen sich in kurze, borstige, helle Wurzelhaare verlängern, versehen. Dieser äusserst bescheidene Theil der Wurzel ist allein im Stande, Nahrung aufzunehmen; in einem verhältnissmässig geringen Abstande von der Spitze sind nämlich die Wurzelhaare abgestorben, die Zellen des Rindenparenchyms trocken und braun, die Decke runzlig und geborsten und überall bewachsen mit ihren unzertrennlichen Schmarotzern, den braunen Mycelienfäden, die jedoch nicht das frische, sondern nur das abgestorbene Rindenparenchym angreifen (Fig. 8). Man muss aber auch den übrigen, scheinbar leblosen Theil der Wurzelfasern genauer betrachten, um zu verstehen, wie diese wirre Masse dem Baum als Ernährungsorgan dienen könne. Die braunen Wurzelfasern zeigen unter dem Mikroskop einen verschiedenen Grad von Durchscheinbarkeit. Während nämlich die Hauptstämme nicht ganz undurchsichtig sind, erscheinen die schwarzbraunen Seitenzweige durchaus dunkel. Die Dissektion ergiebt, dass dies davon herrührt, dass die Gefässe und Holzzellen der Hauptstämme hell und farblos und wahrscheinlich daher auch im Stande sind, zur Fortleitung der Flüssigkeiten zu dienen, wohingegen die



Fig. 8.
Spitze einer Buchenwurzel mit aufgeschwollenem Rindenparenchym. In den abgestorbenen Rindenschichten des obersten Theils braune Mycelienfäden.

[1]) Diese Beobachtungen werden von den durch Dr. Frank in 1885 mitgetheilten höchst interessanten Studien über *Mycorhiza* der Buche durchaus bestätigt. Die aufgeschwollenen Wurzelspitzen der Buche sind nach ihm eine Gesammtbildung von Buchenwurzel und Pilzhyphen, die er *Mycorhiza* nennt, und er behauptet, dass eine Symbiose zwischen Pilz und Buche vorhanden ist. (Cfr. Frank in Ber. d. Deutsch. botan. Gesellsch. Bd. III H. 4 u. Generalversamml., P. E. Müller in bot. Centralblatt Bd. XXVI, Jahrg. VII, No. 1.)

Seitenzweige durchgehends schwarzbraun sind, wie die Rindenzellen der Hauptzweige. Obgleich also ein grosser Theil dieser Wurzelmasse wirklich abgestorben ist, haben die saftführenden Zellen doch ihre Frische bewahrt und sind dazu im Stande, als Kanäle für die von den feinen Wurzelspitzen aufgesogenen Flüssigkeiten zu fungiren.

Den hier geschilderten Bau der „Saugwurzeln" der Buche finden wir auch im Mull wieder, nur mit dem Unterschiede, dass die Theile, welche zu fungiren aufgehört haben, schnell abgeworfen und zersetzt werden, während sie im Torf erhalten bleiben. Im Uebrigen ist dieser Bau der Wurzelspitzen der Buche, der, soviel ich weiss, von keinem Anderen beschrieben ist, so eigenthümlich und so verschieden von den Wurzeln der meisten anderen Bäume, welche ich Gelegenheit gehabt habe zu untersuchen, dass sie ohne Zweifel zum Theil dem Vermögen dieses Baums, die merkwürdige Wurzelmasse zu entwickeln, die ich in gleicher Weise nur bei den haidekrautartigen Pflanzen wiedergefunden habe, zugeschrieben werden muss. Von eigentlichen Waldbäumen scheint die Fichte das eben geschilderte Wurzelsystem der Buche schwach nachahmen zu können.

Das schwarze Mycelium, das nicht allein auf dem abgestorbenen Rindenparenchym wächst, sondern dasselbe in seiner ganzen Dicke durchwebt, und das von den Buchenwurzeln ebenso unzertrennlich zu sein scheint, wie die bekannten weissen Lichenen von den Buchenstämmen, ist doch kaum immer als ein beschwerlicher und gefährlicher Schmarotzer aufzufassen. Wie wir gesehen haben, ist der Theil der Wurzel, welcher Nahrung aufnimmt, sehr klein, und die Wurzelhaare sind ungewöhnlich kurz und fein, so dass die Buchenwurzeln mit einer verhältnissmässig kleinen Oberfläche des Erdreichs in Berührung kommen. Es muss desshalb für diese Pflanze von grosser Bedeutung sein, dass die Erdpartikeln dicht um die Wurzeln verbunden werden, so dass diese dadurch besser befähigt werden, das Erdsäckchen um sich zu bilden, welches in der Regel dadurch entsteht, dass die langen, weichen Wurzelhaare mit den Erdpartikeln zusammenwachsen; dies scheint auch, wenn auch nicht so vollkommen, durch den Begleiter der Buchenwurzel, das Cladosporienmycelium erreicht zu werden. Wenn man eine junge Buchenpflanze und eine junge Eschenpflanze vorsichtig ausgräbt, namentlich auf etwas sandigem und trockenem Boden, so findet man die feinen Wurzeln von beiden mit fest daran hängender Erde umgeben. Die vorsichtige

Präparirung ergiebt aber, dass bei den Buchenwurzeln die Erde wesentlich mittels des Myceliums festgehalten wird, während sie dahingegen bei den Eschenwurzeln, welche, soweit meine Untersuchungen sich erstreckt haben, diese Pilze nicht beherbergen, durch die grossen, verschlungenen, glasklaren Wurzelhaare zusammengehalten wird. Auf sehr trockenem und losem Sande muss namentlich das Mycelium der Buche von Nutzen sein; ihr dichtes Gewebe wird sicher die Hygroskopicität des Bodens vermehren, und durch Festhaltung aller organischen Reste in der Erde muss es wesentlich zur Bildung einer dürftigen Humusschicht beitragen, die sich sonst an solchen Stellen schwerlich bilden würde. Die unten mitgetheilten, im Flugsande der Hornbäcker Plantage angestellten Beobachtungen deuten darauf hin. Andererseits kann es kaum einem Zweifel unterliegen, dass eine so massenhafte Entwickelung dieses Myceliums der Humifikation eine andere Richtung geben müsse, als sie in jenen Erdschichten nimmt, in welchen die hellen, feinen, leicht zersetzbaren und wahrscheinlich stickstoffreichen Myceliengewebe, wie im Mull, die überwiegenden sind.

Andere Organismen. — Schon auf den ersten Blick zeigt es sich, dass ein bedeutender Unterschied zwischen dem Thierleben des Mulls und des Torfes vorhanden ist; denn kein Maulwurfshügel unterbricht die ebene Oberfläche des letzteren. Der Maulwurf, sowie seine Opfer, die Regenwürmer, sind von den eigentlichen Torfbildungen gänzlich ausgeschlossen; nur ein einziges Mal habe ich ein Exemplar einer kleinen Enchytreusart im Torfe gefunden, wohin es vielleicht zufällig gerathen war. Man findet ferner verhältnissmässig äusserst wenige Theile und Exkremente von Insekten, wenn dieselben auch nicht gänzlich fehlen; aber Alles, was an Insekten im Buchenwalde sich bewegt, muss doch auch seine Spur im Torf hinterlassen, nur kann man daraus nicht auf ein Thierleben im Torfe selbst schliessen. Der Entomolog, Prof. Schiödte, dem ich diese Wahrnehmung mittheilte, hat es mir bestätigt, dass der Torfboden den Entomologen als ein unfruchtbares Feld gelte. Mit Ausnahme einiger von Mäusen gegrabenen Löcher, habe ich im Torf keine Spur von anderen Thieren als von einigen Landkrebsthieren, Oniscen und Juliden, sowie in nicht geringer Menge verschiedene Formen einiger sehr kleinen, zum Theil mikroskopischen Vertreter der am tiefsten stehenden Würmer, Formen aus den Gruppen der Gordiaceen und Anguillulinen, gefunden.

Der Buchentorf ist demnach aufzufassen als eine an thierischem Leben äusserst arme Ablagerung der Abfallmasse des Buchenwaldes, die durch Buchenwurzeln und ein sehr dauerhaftes Pilzmycelium zu einem festen Torf verbunden ist. Unter dem Torf ist der Obergrund fest und in Bleisand und Rotherde gesondert, welche je nach der Entwickelung der Bildung einen grösseren oder kleineren Theil der ganzen Mächtigkeit des Obergrundes umfassen.

Uebergangsbildungen.

Mullartiger Torf. — Die gleichförmige Decke, welche der Torf oft auf grossen Strecken über den Waldboden zieht, ist jedoch hin und wieder durch Flecke, deren Vegetation einen anderen Charakter des Bodens verräth, unterbrochen. So kann man namentlich in den Niederungen und den kesselförmigen Vertiefungen theils kleine Gebüsche von Himbeeren, theils Gruppen recht gedeihlicher junger Buchen sehen, die durch ihre Entwickelung und Form gegen die verkümmerten und verkrüppelten kleinen Buchenpflanzen, welche hin und wieder auf dem Torf ihr Dasein fristen, deutlich abstechen. Durch eine genaue Untersuchung dieser Oasen bin ich in meinen aus anderen Beobachtungen gezogenen Schlüssen über die Bedeutung der thierischen Organismen für die Mullbildung in hohem Grade bestätigt worden.

In diesen kleinen Himbeergebüschen oder Gruppen von recht kräftigen jungen Buchen habe ich nämlich erstens oft einen vortrefflichen Mull angetroffen, ohne dass es möglich war, in der Beschaffenheit des Bodens selber irgend welchen Grund dafür zu finden, dass die Zersetzung der organischen Reste auf diesem Fleck — der bisweilen nur fünfzig Quadratellen gross war — sich in anderer Weise als in den grossen Torfflächen, die ihn umgeben, vollziehen sollte. Ich habe aber niemals eine solche Mull-Oase untersucht, ohne dort Regenwürmer, sogar in bedeutender Menge zu finden, während in den angrenzenden Strecken keine Spur von ihnen vorhanden war. Es liegt also der Schluss nahe, dass die Regenwürmer aus dem einen oder dem anderen Grunde sich längere Zeit in diesem Fleck haben erhalten und so durch den Schatten und den Schutz, welche die üppige Vegetation des hergestellten Mulls dem Boden verlieh, ihre Existenz haben sichern können. Diese Mullflecke kommen anscheinend zufällig im Terrain zerstreut vor und werden

sowohl hoch oben auf den Hügeln als unten in den Thälern angetroffen.

Aber zweitens findet auch eine sowohl vom Mull wie vom Torf ganz verschiedene Bildung auf solchen fruchtbaren Stellen statt. Die Oberfläche der Erde fühlt sich unter dem Fuss ebenso weich, wie der Mull und zeigt beim Graben auch keine grössere Konsistenz, als die, welche die zahlreichen, in der Oberfläche hinlaufenden Buchenwurzeln verleihen können. Die oberste Schicht, die oft eine Dicke von 4 bis 6 Zoll und auch wohl darüber erreicht, hat eine dunkelbraune Farbe und hat nicht das erdige Aussehen des eigentlichen Mulls. Die Blätterdecke liegt lose oben auf, aber wenn man sie entfernt, sieht man nicht die griesige Erdoberfläche, welche so charakteristisch für den Platz ist, wo die Regenwürmer thätig sind. Die unter dem Laube vorkommenden humosen Ablagerungen sehen aus wie Anhäufungen feiner, dunkelbrauner Sägespäne, die mit gröberen Resten von Blätterstückchen, kleinen Zweigen, Fruchtschalen der Buche u. dergl. vermischt sind; zwischen all' diesem schlängeln sich die Buchenwurzeln in grosser Menge in der Oberfläche selber, bilden aber nicht das dem Torf so eigenthümliche dichte Gewirr. Gleichwie im Torf sind aber die äussersten Wurzelspitzen oft an Blattreste und andere sie umgebende organische Ueberbleibsel fest geheftet.

Legt man etwas von dem feinen Mehl, welches die Hauptmasse dieser Mullform ausmacht, in eine Schale mit Wasser, so fällt es in eine unendliche Menge kleiner Brocken und Klümpchen auseinander, die durchgehends weit kleiner sind, als die, worin sich die eigentliche Mullform auflöst, aber doch an Grösse wechseln. Die Klumpen selber sind sehr zähe, lassen sich nicht mit dem Deckglas zerdrücken und erst wenn man sie stark zwischen jenem und dem Objektivglase reibt, zerfallen sie in ihre Bestandtheile. Diese sind fast ausschliesslich organischer Natur und von durchaus gleicher Grösse und sind nur mit einer ganz verschwindenden Menge, fast ausschliesslich mikroskopischer, unorganischer Theile untermischt. Vermöge der ausserordentlich grossen Masse von Chitinstücken von Insekten, welche zwischen den Elementen dieser Mullform vermischt sind, sowie vermöge ihres Baues und ihrer Bestandtheile ist man zu der Annahme berechtigt, dass diese Ablagerungen hauptsächlich aus Insektenexkrementen bestehen; die mikroskopischen, gleich grossen Bröckchen, aus denen die Klumpen zusammengesetzt sind, sind lauter

Bisschen zäher Pflanzentheile und jeder kleine Klumpen stellt eine auf einmal ausgestossene Partie des Gedärminhalts kleiner Insekten dar. Ich habe niemals Regenwürmer in den ausgeprägten Bildungen dieser Art gefunden, welche man nach ihrem Ursprung Insektenmull oder nach ihren übrigen Eigenschaften mullartigen Torf nennen könnte. Auch im Insektenmull sind die Buchenwurzeln von dem dunkelbraunen Mycelium begleitet und viele kleine Wurzelspitzen sind durch das dichte Netz des Myceliums mit Blattresten zusammengewebt. Sowohl zwischen dem braunen Mehl, als auch in den kleinen Klumpen selber befinden sich grosse Massen der dunklen Fäden, die aber fast alle in die feinsten kleinen Theilchen zerbissen sind; auch der Verdauungskanal der Insekten vermag nicht, ebensowenig wie der der Regenwürmer diese fast unvergänglichen Gewebe zu zersetzen, sondern er kann nur verhindern, dass es die Erdoberfläche in einen dem Torfe ähnlichen Filz zusammenbinde. Ich kenne bis jetzt nur wenige von den Insekten, welche in dieser Mullform thätig sind, und kann nur einige Dipteralarven und die sie verfolgenden Elaterlarven anführen. Die Anguillula-artigen Wurmformen, welche im Torfe vorkommen, trifft man auch hier.

Eine vom Herrn Tuxen untersuchte Probe von einer kleinen Einsenkung im Strandskov (Teglstrup Hegn auf Seeland) (Prof. IX) enthielt eine grössere Menge organischer Stoffe, als irgend eine andere der analysirten Bodenarten, indem die Humusmenge nebst dem chemisch gebundenen Wasser 62,5 Procent und die freie, im Wasser auflösliche Humussäure ca. 0,2 Procent erreichte. Dieser grosse Reichthum an organischem Stoff im Insektenmull, im Vergleich mit dem von den Regenwürmern bearbeiteten Mull, deutet darauf hin, dass dort der Faktor fehlte, welcher hier die zertheilten und halb zersetzten vegetabilischen Reste mit der mineralischen Erde selber vermischte. Die Arbeit, welche die beiden Thiergruppen bei ihrem Ernährungsprozess ausführen, ist also höchst verschieden, und der Insektenmull muss zunächst für einen von Insekten zertheilten Torf angesehen werden.

Die Wirkungen davon erstrecken sich indessen doch viel weiter als nur auf die oberste Erdschicht. Unter den 4—6 Zoll dicken Haufen des eigentlichen Insektenmulls ist die Erde nämlich nicht locker, wie da, wo der Regenwurm haust. Der Boden ist fest und nur schwer mit dem Spaten zu bearbeiten. Im Strandskov liegt zunächst unter dem Mull und nicht scharf von ihm abgegrenzt eine

3 bis 4 Zoll dicke grauliche, hell mullfarbige, ungleichförmige, gefleckte und geflammte Schicht mit wenigen Buchenwurzeln. Diese ist wieder über einer 2 bis 3 Zoll dicken ebenfalls festen Schicht von rothbraun-graulicher Farbe und mit verwischten Grenzen gelagert und darauf kommt der ockergelbe Untergrund. Die Farbe und die Lagerungsverhältnisse haben mit den Schichten unter dem Torfe so viel gemein, dass es sicher berechtigt ist, dieselben, trotz ihres gewöhnlich weit grösseren Zusammenhanges, ihrer weniger scharfen Grenzen, stärker wechselnden Dimensionen und anderer abweichenden Verhältnisse, Bleisand und Rotherde zu benennen.

Wenn man diese Erdschichten mit der Loupe untersucht, so zeigen sie ganz dieselben Strukturverhältnisse wie der hellere, oberste Theil des Untergrundes unter dem Mull. Sie gleichen einem etwas festen Tuff mit zahlreichen verschlungenen Kanälen, Oeffnungen und kleinen Höhlungen; die Festigkeit rührt desshalb auch nicht von der Dichtigkeit der Schicht, sondern von dem Zusammenhange der Theile derselben her. Tuxen's Untersuchung hat gezeigt, dass dieser der Humussäure, welche das Bindemittel zwischen den Erdpartikeln ist, zugeschrieben werden muss.

Eine genauere Betrachtung der Klumpen, in welche der Bleisand und die Rotherde unter dem Insektenmull sich zerbrechen lassen, zeigt, dass all' die verschlungenen Kanäle und kleinen Höhlungen in dieser Masse mit einer feinen, humusreichen und lehmigen Schicht. die offenbar von dem durchsickernden Wasser abgesetzt ist, ausgefüttert sind. Das Mikroskop zeigt indess, dass einiger Unterschied im Verhalten der Humusstoffe in der Rotherde und im Bleisande vorhanden ist. In der Rotherde umgeben sie meistens jedes kleine Sandkorn wie eine rothbraune Decke und geben dadurch der Schicht ihre Farbe, im Bleisande dagegen sind sie grossentheils als feine schwarzbraune Humuspartikeln zwischen den mineralischen Bestandtheilen der Erde eingelagert. Es hat den Anschein, als ob sie im Bleisande zum Theil aus dem darüberliegenden Mull mit dem Wasser herabgespült, in der Rotherde dahingegen von dem hinabdringenden Wasser, welches die Humussäure und die humussauren Salze aufgelöst enthielt, vorzugsweise über die Körner ausgefällt seien.

Ich vermag keine besondere Vegetation für den Insektenmull anzugeben; die meisten der Bodenpflanzen des Buchenwaldes können hier vorkommen, wenn die Schichten grössere Mächtigkeit erreichen: doch scheint die Heidelbeere auf einem solchen zertheilten Torfe

gut zu gedeihen und erreicht nur da eine geringere Entwickelung, wo dasselbe fester wird. Das Wachsthum der Buche ist zwar nicht so gut wie auf dem eigentlichen Mull, aber doch weit besser als auf dem Torf.

Torf ohne Wurzelmasse. — Auf kleineren Flecken, sowohl in den Torfflächen als auch auf hohen, trockenen, sandigen Partien in den mullreichen Buchenwäldern, erhält die oberste Bodenschicht eine etwas verschiedene Beschaffenheit. Beim Druck scheint sie von ähnlicher Konsistenz zu sein wie der Torf, wenn man sie aber genauer untersucht, so ergiebt es sich, dass ihr Zusammenhang weit geringer ist und dass ihr die dem Buchentorf charakteristische Wurzelmasse fehlt. Sie lässt sich desshalb leicht zerreissen, die Theilchen aber hängen doch stark zusammen, als ob sie durch unsichtbare Spinngewebe mit einander verbunden wären. Das Mikroskop zeigt, dass das Bindemittel hier fast ausschliesslich das schwarzbraune Mycelium ist, das sich von den Wurzeln der Buchen frei in der Bodenoberfläche ausgebreitet und diese in eine graulich schwarze Masse von geringer Mächtigkeit ($^1/_2$—$^3/_4$ Zoll) verwebt hat. Regenwürmer habe ich an solchen Stellen nicht gefunden.

Aehnliche Verhältnisse findet man im Boden unter den Buchenpflanzungen auf dem Flugsande in der Hornbäcker Plantage auf Seeland. Hier ist reiner Flugsand an einigen Stellen mit Buchen bepflanzt, die ein verhältnissmässig sehr gutes Wachsthum haben und in einem Alter von ca. 20 Jahren eine Höhe von 15—20 Fuss erreicht haben. Der Boden, auf dem sie stehen, scheint indessen etwas weniger locker zu sein, als der Sand auf den nackten Flecken ausserhalb der Pflanzungen, und die mikroskopische Untersuchung ergiebt, dass das Bindemittel auch hier aus einer ausserordentlich reichen Entwickelung des schwarzbraunen Myceliums besteht, welches sich, Insekttheile und die noch normal gestalteten Buchenwurzeln umspinnend, von den Buchenwurzeln frei im Boden ausbreitet; es hat schon hie und da ein Blatt oder einen Grashalm an die Oberfläche fest binden können. Auch hier fehlt der Regenwurm gänzlich, und ich bin der Ansicht, dass diese Partien, wenn der Mensch nicht störend in die natürliche Entwickelung der Verhältnisse eingreift, unfehlbar in typischen Torf übergehen werden.

Moostorf. — Man sieht häufig auf kleineren Partien im Buchenwalde den Boden von einer festen und zusammenhängenden schwärzlichen Schicht von geringer Mächtigkeit ($^1/_2$—$1^1/_2$ Zoll) bedeckt, in der

die dem Buchentorf eigenthümliche Wurzelmasse fehlt, und wo auch das schwarzbraune Mycelium keine sehr hervortretende Rolle spielt, obwohl es hier doch auch vorkommt. Dahingegen findet sich hier ein anderes, gelbbraunes bis dunkelbraunes Gewebe in sehr grosser Verbreitung und dasselbe scheint zum Theil die gewöhnliche Rolle des Cladosporiengewebes übernommen zu haben, denn wie jenes umspinnt und begräbt es Fruchtschalen, Knospendecken, Blätterstückchen und alle anderen organischen Reste, welche auf dem Waldboden liegen. Diese braunen Fäden zeigen durch ihre charakteristischen schrägen Zellenwände und ihren körnigen Inhalt, dass sie Moosthallus sind. Dieser scheint also an solchen Stellen bei diesen schwächeren Torfbildungen, die von weit geringerem Zusammenhang als der Buchentorf und nur von einer ganz schwachen Bleisandbildung begleitet sind, die Hauptrolle zu spielen; letztere fehlt indessen oft ganz. Das schwarzbraune Mycelium, das hier auch nicht ganz fehlt, umspinnt und verwebt die abgestorbenen Moosreste, Blätter und Stengelstücke, gleichwie die Abfallmassen der Buche im Buchentorf. Hin und wider nimmt die Oberfläche des Moostorfes ein ganz eigenes Aussehen wie von schwarzen, fast blanken oder schleimigen Flecken an, die nach länger anhaltendem feuchtem Wetter und in einer gewissen Beleuchtung ins Grüne spielen. Diese schwarzen Flecke werden von einer krustenartigen Flechte gebildet und das Mikroskop zeigt, dass der grüne Schimmer, den die Erdoberfläche bei feuchtem Wetter annimmt, von grossen Massen mikroskopischer einzelliger Körper herrührt, die gewiss für Algen angesehen werden müssen.

An den ausnehmend trockenen und mullarmen Stellen, auf denen ich vornehmlich die verschiedenen Formen des Moostorfes gefunden habe, ist der Buchenwald von eben so schlechtem Wuchs, wie auf dem eigentlichen Buchentorf; der Boden ist fest, und vergebens habe ich auch hier nach Regenwürmern gesucht.

Gemischte humose Ablagerungen. — Im Vorstehenden habe ich die besonderen von mir beobachteten Formen von Mull und Torf zu schildern versucht. In der Natur kommen aber diese Typen und Spielarten ausserordentlich häufig weit minder ausgeprägt vor, als man nach dem Dargestellten annehmen sollte. Der Buchenwald zeigt nämlich die bunteste Mannigfaltigkeit von Uebergangsformen. So ist der Torf oft mehr oder weniger von Insekten bearbeitet und zeigt deshalb bei weitem nicht überall die oben geschilderte

Konsistenz und Zähigkeit. Die Heidelbeervegetation scheint etwas damit in Verbindung zu stehen, da dieselbe auf dem ganz festen Torf schwächer ist oder ganz fehlt. Der Moosthallus wetteifert an vielen Stellen mit dem schwarzen Pilzmycelium in der Zusammenwebung des Bodens, und endlich ruft die kräftigere oder schwächere und mehr sporadische Entwickelung der Regenwurmfauna eine grosse Reihe von Uebergangsformen zwischen Mull und Torf hervor. Dies zeigt sich auch an der höchst verschiedenen Entwickelung der phanerogamen und der Moos-Vegetation. In den ausgedehnten Besamungsschlägen im Grossen Hareskov (Seeland) fand sich eine solche bunte Abwechselung der verschiedenen Humusformen. Der Boden scheint im Ganzen zur Torfbildung geneigt, aber diese ist nur stellenweise sichtbar und aus der kräftigen Entwickelung und dem guten Höhenwuchs der alten Buchenbestände lässt sich vermuthen, dass wir hier eine beginnende Torfbildung von verhältnissmässig jungem Ursprung haben. Der Boden ist im Allgemeinen etwas fest, aber doch nicht so sehr, dass nicht die Egge mit gutem Nutzen zu verwenden wäre, was auf den vollentwickelten Torfbildungen ganz unmöglich ist. Die recht üppige Bodenvegetation besteht namentlich aus *Asperula*, *Oxalis* und *Melica*, aber hin und wider kommen *Aira*, *Mojanthemum* und Moos hinzu, und wo diese letzteren allein zurückbleiben, finden sich dünne Torfschichten mit einem feinen Bleisand- und Rotherdestreifen darunter. Hin und wider ist die Grenze nicht deutlich; es fanden sich einzelne Majanthemum- und Airahaufen zwischen schmächtigen Asperula- und Malicapflanzen, wo aber das Moos hinzugetreten war, sah man von den beiden letzteren fast nichts mehr. Ein ähnliches Bild einer Uebergangszeit zeigen viele andere Strecken von altem Buchenwald, die längere Zeit hindurch stark gelichtet worden sind, ferner viele unbeschützte Waldränder und vorspringende Hügelkämme, die mit alten Buchen bestanden sind. Ich halte es für höchst wahrscheinlich, dass sie eine beginnende Torfbildung oder eine langsamere und unvollständige Entwickelung dieser Humusform anzeigen.

Verbreitung und Vorkommen.

Es ist nicht möglich gewesen, die Mull- und Torfbildung mit dem Gehalt des mineralischen Bodens an auflöslichen Alkalisalzen, Kalk oder dergleichen in Verbindung zu bringen. Der Mull kann

auf sehr magerem, der Torf auf verhältnissmässig reichem Boden vorkommen. Dahingegen scheint eine gewisse Verbindung zwischen dem Vorkommen dieser Ablagerungen und dem Feuchtigkeitsgrade des Bodens vorhanden zu sein.

Der ausgeprägte Buchenmull ist sehr weit verbreitet in unseren Wäldern auf Geschiebelehm, namentlich da, wo das Terrain sich nicht in vorspringende Hügelkämme erhebt, oder tiefe und feuchte Niederungen bildet. Auch auf dem strengen Thon kommt der Mull gewöhnlich überall vor, wo der Boden mit einigermassen kräftiger Vegetation bedeckt ist. Er bildet hier jedoch nur Schichten von geringer Mächtigkeit und verschwindet sehr schnell an Stellen, wo der wachsende Wald plötzlich gelichtet und der Boden bloss gelegt wird. Aber der Mull fehlt auch nicht auf dem ausgeprägten Geschiebesande, wo der Wald gut geschlossen oder wo die Beschaffenheit des Terrains und die Böschungsrichtung der Erhaltung der Frische des Bodens günstig ist, wie auf den nördlichen Abhängen (z. B. im Silkeborger Nordskov, im Ryer Privatwalde, im Additkov bei Salten-Langsö, im Engelholmer Walde bei Veile und auf vielen anderen Stellen in Jütland sowie auch in den nordseeländischen Wäldern).

Der Buchentorf ist dahingegen weit häufiger auf dem Geschiebesande als auf dem lehmigen Waldboden. In einer grossen Menge von Buchenbeständen in den grossen Wäldereien um Silkeborg in Jütland ist der Boden mit mächtigen und ausgedehnten Torfschichten bedeckt und andere Waldstrecken auf ähnlichem Boden in Jütland zeigen ähnliche Verhältnisse. Auf der kleinen, niedrig gelegenen nordfühnenschen Sandpartie mit frischem Boden habe ich dahingegen nirgends Torf angetroffen, während wir denselben wiederum in den grossen Wäldern mächtig entwickelt finden, welche den nordseeländischen Geschiebesand bedecken, der in seiner stark coupirten Oberfläche so viel mit dem jütischen gemein hat. Der Torf kommt hier wohl nicht selten in ganz geschlossenen Beständen vor, allein vorzugsweise doch in zu lichten Waldungen oder in Gehölzen, deren geringe Anzahl an Stämmen und schlechte Baumform mit niedrigen Kronen ein deutliches Zeugniss geben, dass sie früher zu stark durchforstet worden sind.

Zugleich aber finden wir diese Form humoser Ablagerungen stellenweise an manchen Orten mit mehr oder minder lehmigem Boden oder doch lehmigem Untergrunde. Dies ist namentlich der

Fall auf vorspringenden, dem Wetter preisgegebenen, gegen Osten und Süden gelegenen Hügelkämmen (Folehaveskov, Jägersborghegn auf Seeland) oder längs den offenen und schlecht geschützten Waldrändern an vielen Stellen unseres Landes. Auch die grösseren und kleineren Lehm-Oasen, die sich bisweilen in den trockenen Hügeln des Geschiebesandes finden, sind sehr häufig in die Torfbildung mit hineingezogen.

Indessen kommt diese Bildung, namentlich in der von Insekten bearbeiteten Form, auch auf ganz anderem Terrain, auf niedrig gelegenem oder „saurem" Boden vor; so deckt bisweilen der mullartige Torf, auf mehr oder weniger typische Weise entwickelt, ausgedehnte feuchte Waldstrecken, oder findet sich in mächtigen Schichten in den kesselförmigen Vertiefungen in dem mit Mull bekleideten Terrain.

Die Beforstung des Waldes scheint einen bedeutenden Einfluss auf die Entwickelung von Torf und Mull auszuüben. Dies gewahrt man am leichtesten da, wo die Grenzen zwischen diesen beiden Arten humoser Ablagerungen von durchaus zufälligen oder künstlichen Linien gebildet werden, einem Wege, einer Abtheilungsgrenze oder dergleichen, und ich habe dann immer bemerkt, dass eine solche Linie zugleich die Grenze zwischen zwei verschiedenen Behandlungsweisen der betreffenden Waldtheile bildete. Deshalb kommt die sporadisch auftretende Torfbildung in alten vernachlässigten Besamungsschlägen oder allzu lichten Durchforstungen, in Wäldern, wo übertriebener Plenterhieb in Anwendung gekommen ist, und an ähnlichen Orten am häufigsten vor.

Während also beide Hauptformen sehr weit verbreitet sind, scheint der Torf sich vorzugsweise auf trockenem, gelichtetem, wenn auch noch einigermassen mit Bäumen bewachsenem Terrain zu bilden. Es ist also eine wirkliche Torfbildung im Trockenen. Ausserdem kommen torfähnliche Bildungen in feuchten, sauren Wäldern vor, welche in ihrer Entwickelung und in ihrem Ursprung gewissen humosen unter Wasser sich vollziehenden Bildungen näher stehen, die v. Post mit dem Ausdruck „Dy" (Schlamm) bezeichnet. Der Mull ist also vornehmlich auf die ziemlich frischen Lokalitäten beschränkt. Ich habe nicht unterlassen können, diese Beobachtungen mit dem Charakter des organischen Lebens an den gedachten Orten in Verbindung zu bringen, namentlich mit dem Auftreten der Regenwurmfauna auf diesen hinsichtlich einer Bedingung desselben, nämlich

des von der mineralogischen Zusammensetzung des Bodens scheinbar unabhängigen Feuchtigkeitsgrades, gleichartig beschaffenen Lokalitäten.

Ich bin bis jetzt nur noch im Stande gewesen, Beobachtungen über das Vorkommen des Torfs auf Sand und Lehm mitzutheilen, da ich bisher zu wenig Mergel- und Kalkländereien untersucht habe, um aus der Beschaffenheit derselben sichere allgemeine Schlüsse ziehen zu können.

Die Umbildung von Mull und Torf.

Uebergang von Mull zu Torf. — Es ist eine höchst merkwürdige und interessante Erscheinung, dass man bisweilen schöne, gut entwickelte, bis zu 80 Fuss hohe Buchenbestände auf starker, ja selbst mächtig entwickelter Torfschicht antrifft, während weder Natur noch Kunst einen Nachwuchs auf einem solchen Boden hervorbringen kann. Der Same keimt wohl und die jungen Buchen vegetiren einige Jahre mit allen Zeichen eines kränklichen Daseins, sterben aber später ab. Sehr ansehnliche Waldstrecken auf Sandboden zeigen dies ungünstige Verhalten, während die Verjüngung auf dem Mull in der Regel leicht ist. An den Stellen, wo der Buchennachwuchs in kleinen Gruppen auf den Torfflächen fortkommt, habe ich immer Mull, oder doch wenigstens den Torf stark von Insekten zertheilt gefunden. Es ist wohl kaum möglich, daraus einen anderen Schluss zu ziehen, als dass der jetzt mit Torf bekleidete Boden früher mit Mull bedeckt war, und dass der Zeitpunkt der Veränderung nicht weiter zurückliegen kann, als der wachsende Buchenwald alt ist.

Es scheint, als ob sich der Torf in den älteren oder alten Beständen, in denen die Luftzirkulation unter den Kronen stärker ist, und wo die Oberfläche der Erde daher schneller austrocknen kann, leichter entwickele. Doch fehlen schwächere Torfschichten nicht ganz in jüngeren Beständen, namentlich wo diese eine ungeschützte Lage gehabt haben oder nur klein sind; sie haben dann immer ein schlechtes, sehr langsames Wachsthum. Obwohl es ohne bestimmte geschichtliche Anhaltspunkte nicht leicht ist, mit Sicherheit die Art und Weise anzugeben, wie der Mull im Buchenwalde in Torf verwandelt wird, so kann ich doch aus vielfachen Beobachtungen schliessen, dass der Boden mit dem zunehmenden

Alter und der abnehmenden Dichtigkeit der Bestände immer mehr der Torfbildung ausgesetzt ist. So bildet im Grossen Hareskov (Seeland) eine Abtheilungslinie, die nicht im Entferntesten mit den Verschiedenheiten des Bodens und des Terrains in Verbindung steht, die Grenze zwischen einem hübschen jungen Buchenbestande auf gutem Mull und den Ueberresten eines prächtigen, alten Buchenwaldes mit 70 bis 100 Fuss hohen Bäumen; hier zeigt sich eine schwache Torfbildung und die Verjüngung ist äusserst schwierig. Vor ungefähr 50 Jahren ward der alte Wald zum Besamungsschlag bestimmt, wahrscheinlich wenige Jahre ehe oder nachdem der Wald, welcher die Mutterbäume für den jungen Buchenstangenwald auf der anderen Seite des Weges lieferte, gelichtet wurde. Es ist nicht wahrscheinlich, dass der Boden damals auf den beiden Seiten der Linie ein verschiedener war, und die beginnende Torfbildung in dem jetzt alten Walde muss sich deshalb seit der Zeit entwickelt haben. Viele andere ähnliche Wahrnehmungen bestärken die Vermuthung, dass sich im wohlgeformten Buchenwald thatsächlich Torfbildungen unter dem darauf wachsenden Bestande entwickelt haben und nicht älter sein können als diese.



Fig. 9.
Prof. X.
Gribs-Skov.
(Tumlinge vang.)

Aber die Beschaffenheit des Bodens selber führt zu derselben Annahme. Unter schwachen Torfschichten befindet sich oft zwischen der Rotherde und dem Untergrunde ein vollkommen locker und gut gemischter Obergrund, der in keiner Beziehung dem Obergrunde unter dem Mull nachsteht. Im Tumlingevang im fünften Kronborger Forstdistrikt (Seeland) befand sich früher ein alter Buchenbestand, von hübscher Form, aber mit dürren Wipfeln, der seit sehr langer Zeit als Besamungsschlag benutzt war, ohne dass es gelungen war, einen Nachwuchs hervorzubringen. Seine Form bekundete ein recht gutes Wachsthum in früherer Zeit. Der Boden hatte die Beschaffenheit, welche das nebenstehende Profil (Fig. 9) angiebt. Unter einer nicht besonders dicken Torfdecke mit dazu gehöriger Bleisand- und Rotherdenschicht befand sich eine lockere Schicht, welche von derselben Beschaffenheit wie der Obergrund unter dem Mull war und sich ebenso weit in die Tiefe erstreckte, wie dieser.

Darunter zeigte sich der etwas lehmreichere und festere Untergrund, dessen oberste Schicht heller gefärbt war. Abgesehen von der obersten, 5 bis 7 Zoll dicken Schicht wich die Beschaffenheit des Bodens in keiner Hinsicht von derjenigen ab, die ich so oft gefunden hatte, wo guter Mull mit einer zahlreichen Regenwurmbevölkerung auf leichterem Boden vorkommt.

Es ist übrigens einleuchtend, dass, da die Buchenwurzeln so stark an der Bildung des Buchentorfs betheiligt sind, jedenfalls eine einigermassen entwickelte Buchenvegetation erforderlich ist, ehe wirklicher Buchentorf entstehen kann. Da, wo ein Mullterrain seiner Waldvegetation durch völlige Abholzung auf einmal beraubt wird, oder wo man, statt einen Besamungsschlag anzuwenden, so viele Bäume wegnimmt, dass nur einzelne zerstreute Stämme auf dem Terrain zurückbleiben, da kann diese Bildung sich nicht entwickeln, selbst wenn die Oertlichkeit im Uebrigen eine solche begünstigen würde. Das volle Licht auf dem mullreichen Waldboden wird rasch eine ganz neue Vegetation krautartiger Pflanzen hervorrufen, welche wiederum die Vorbereitung zu anderen Formen in einem mehrere Male wiederholten Wechsel bilden werden. Unter diesen Verhältnissen wird der Mull entweder seinen Hauptcharakter bewahren und nur vermöge des veränderten organischen Lebens, das sich in ihm entwickelt, nicht stark hervortretende Veränderungen erleiden, oder es wird allmählich Haidekraut aus dem Boden erwachsen und derselbe durch diese abschliessende Vegetation zur Torfbildung als Haide übergehen, wovon weiter unten die Rede sein wird. Jeder erfahrene Forstmann wird diesen Entwickelungsgang, den vielfache Beobachtungen abgeholzter Stellen und Blössen in unseren Buchenwäldern mir gezeigt haben, bestätigen können.[1])

Die Veränderungen des Torfs. — Der ausgeprägte Buchentorf scheint keine neue Baumvegetation hervorbringen zu können, wenn die Natur sich selbst überlassen bleibt. Wenn also der Wald wegen plötzlicher Verwüstungen durch Haide- und Waldbrand

---

[1]) Die höchst interessante Weise, in der die Vegetationen auf einem abgeholzten Platze in einem Buchenwalde wechseln, ist meines Wissens bis jetzt nicht näher studirt worden und sei der Aufmerksamkeit der Botaniker empfohlen. Senft hat einige ungemein hübsche Beobachtungen über diesen Punkt in einem Kiefernwalde des mittleren Deutschlands angestellt. (Danckelmann, Zeitschr. für Forst- u. Jagdw. Bd. IV.)

oder durch die jährlichen Angriffe des Windes auf die westlichen Waldränder — ein langsameres, aber ebenso unerbittliches Vernichtungswerk — verschwindet, so hört der torfbekleidete Boden vorläufig auf, Wald zu tragen. Ich habe zwei Arten von Vegetation, die in diesem Fall die Buche ablösen, beobachtet.

Sowohl in den Silkeborger- (Jütland), als auch in den nordseeländischen Wäldern sieht man schon ein Jahr oder doch jedenfalls ein paar Jahre, nachdem der alte Buchenwald auf einem torfbekleideten Terrain weggehauen ist, den Boden mit *Aira flexuosa* vollständig bedeckt. Dieses Gras, das schon in dem nicht ganz geschlossenen Buchenwald in zahlreichen isolirten Haufen vorkam, breitet sich, wenn das volle Licht auf den Waldboden hereingelassen wird, zu einer zusammenhängenden Decke aus, deren dichtes und zähes Wurzelgewebe mit den harten nadelspitzen Ausläufern sich in den Torf hineinbohrt und dasselbe völlig durchzieht. Solche abgeholzte oder stark gelichtete Plätze sehen zur Herbstzeit aus wie ein wogendes, gelbrothes Kornfeld und sind den Forstleuten wohl bekannt wegen der fast unüberwindlichen Schwierigkeiten, womit die Buchenpflanzungen hier zu kämpfen haben. Ich habe den Torf an einer Stelle im Gribsskov (Seeland) untersucht, welche mit der dichtesten und üppigsten Vegetation von *Aira flexuosa* bedeckt war, und wo diese mindestens zehn Jahre, wahrscheinlich weit länger, gestanden hatte; denn es war zehn Jahre her, seit die letzten Bäume hier weggenommen waren, und der frühere Bestand war wenigstens eben so lange ausserordentlich licht gewesen. Der Obergrund bestand aus ziemlich stark lehmhaltigem Sande von bedeutender Mächtigkeit und die zwischen diesem und dem Torf liegenden Schichten hatten anscheinend ganz denselben Charakter behalten, den sie im Buchenwalde hatten; aber das Gras erstreckte sein Wurzelgewirr tief unter die Torfschicht, und diese selbst hatte eine ihrer Eigenthümlichkeiten in sehr lehrreicher Weise verändert. Die schwarze Masse war dichter, anscheinend fast strukturlos und machte den Eindruck eines fetten Schlamms. Aus der mikroskopischen Analyse ergab sich, dass fast alle die Reste von Blättern, Knospenschuppen, Blüthen u. s. w., welche der frische Buchentorf enthält, zu einem feinen schwarzen Schlamm umgebildet waren, in dem man zwar die Elemente, welche ihn ursprünglich zusammengesetzt hatten, noch spüren konnte, wo aber sowohl die Buchenwurzeln wie die Abfälle fast ganz in eine seifenartige Masse verwandelt waren. Die-

selbe enthielt, soweit ich sehen konnte, nicht einen einzigen lebendigen Faden von dem schwarzen Mycelium, aber aus einer unendlichen Menge kleiner Bruchstücke desselben war zu ersehen, wie stark es ausgebreitet gewesen war und wie unverwüstlich dieses Gewebe ist; eine Reihe von Jahren hat es nicht ganz zu zersetzen vermocht.

Allerdings war der Torf noch ungemein reich an freier Humussäure und der Regenwurm fehlte noch, aber die Schicht selber war unzweifelhaft in einem Auflösungszustande; ihre Konsistenz und Zähigkeit verdankte sie jetzt allein den Graswurzeln, welche sie doch vielfach durchbrochen und eine Reihe von Insektenlarven, die ich niemals im Buchentorf bemerkt habe und die ohne Zweifel das Zersetzungswerk fördern, herbeigerufen hatten. Ob es der Schmiele und ihrer Fauna allmählich gelingen wird, diese Torfbildung zu zerstören und die Stelle wieder für Pflanzen und Thiere bewohnbar zu machen, ist wohl nicht mit Bestimmtheit zu sagen, kommt mir aber doch sehr wahrscheinlich vor.

Ein Buchenwald mit Torfbildung kann aber auch von Haide allein abgelöst werden, wie es an vielen Stellen in Jütland, aber auch hin und wider im nördlichen Seeland der Fall ist.

In den jütischen Buchenwäldern, welche mehr oder weniger unmittelbar an die Haidestrecken grenzen, zeigen die westlichen Ränder oder die vorspringenden Hügelkämme im Walde selber in sehr interessanter Weise, wie die Haide überall da, wo sie nicht von den Menschen gehemmt wird, jährlich gegen Osten vorrückt. Der offene, ungeschützte Waldrand wird hier stets von wipfeldürren oder abgestorbenen Bäumen gebildet, und werden diese entfernt oder durch die vereinten Angriffe des Windes, der Insekten und der Pilze umgestürzt, so gewinnt der dadurch gebildete neue Waldrand in wenigen Jahren dasselbe Aussehen. Nach Aussage der Bewohner soll die Schnelligkeit, mit welcher sich die Haide ausbreitet, höchst bedeutend sein, und an vielen Stellen durchschnittlich mehrere Klafter im Jahr betragen. Unter den wipfeldürren Bäumen wächst das Haidekraut üppig und erstreckt sich so weit in den Wald hinein, als das Licht vom offenen Waldrande es gestattet, häufig zehn Klafter und darüber. Weiter hinein im Walde, wo der Schatten stärker ist, wird der Torf von Heidelbeeren oder der gewöhnlichen, unscheinbaren Trientalis - Vegetation bedeckt, welche beide dem Haidekraut weichen müssen, wenn das Licht stark genug wird. So

geht der Buchentorf allmählich in die Haidebildungen über und es ist kaum einem Zweifel unterworfen, dass die mächtigen Bleisandschichten und Ortsteinbildungen, welche bisweilen unter verhältnissmässig junger Haide angetroffen werden, durchaus nicht von dieser, sondern von dem Buchenwald, nach welchem sie den Boden in Besitz genommen haben, hervorgebracht worden sind. Indessen habe ich auch an solchen Stellen die Haidekrautdecke von den Rändern her auf Mullboden eindringen sehen; allein die Torfbildung des Buchenwaldes muss doch sicher in hohem Grade die Entwickelung der Haide begünstigen, namentlich indem sie verhindert, dass der Wald selber durch sein Heranwachsen ihrem Vordringen ein Bollwerk vorsetzt, und indem sie eine Reihe anderer Pflanzen, welche gleichfalls dem Haidekraut die Stange halten können, ausschliesst.

Vergleich zwischen Buchentorf und Haidetorf.

Wenn man die eigentlichen Haidebildungen kennt, wird man bei unserer Darstellung der Beschaffenheit des Buchentorfs und der dasselbe begleitenden Schichten eine umfassende Aehnlichkeit zwischen diesen Erscheinungen im Boden, und denjenigen, welche die Haidekrautvegetation auf unseren ausgedehnten jütischen Haiden begleiten, gefunden haben. Wenn man aber diese beiden Bildungen Schritt für Schritt mit einander vergleicht, wird die Uebereinstimmung noch weit auffallender.

Schon die Vegetation unter der dominirenden und am meisten hervortretenden Pflanze, hier der Buche, dort dem Haidekraut, ist in den Hauptzügen dieselbe. Die *Trientalis* und die Drahtschmiele sind ebenso charakteristische Bodenpflanzen in den Haidekrauthaiden wie in den Buchenwäldern mit Torf, ja nicht einmal *Majanthemum bifolium* und *Potentilla Tormentilla* fehlen ganz, namentlich sieht man diese beiden letzteren Pflanzen hin und wider auf der aufgebrochenen Haide, der ein paar Jahre ausgelüftet war. Ferner ist bekanntlich in den Haiden der Boden mit einem ähnlichen zähen und festen Torf wie in den trockenen Buchenwäldern bedeckt, und darunter kommen dann die bekannten Schichten von Bleisand und Rotherde oder Ortstein, welche sich ganz in derselben Mächtigkeit wie im Buchenwalde über dem gelblichen Untergrund ausbreiten. Das Eigenthümliche an dem augenfälligeren Thierleben des Buchentorfs, das Fehlen der Regenwürmer und ihres Begleiters, des Maulwurfs,

ist nach der Aussage erfahrener Haidebewohner ebenfalls kennzeichnend für die Fauna der Haide.

Die Uebereinstimmung zwischen diesen beiden Bildungen zeigt sich aber nicht allein in den grossen Zügen, sondern auch in minder hervortretenden Erscheinungen. So beobachtet man mit der Loupe ein ganz ähnliches Wurzelgewebe im Haidetorf wie im Buchentorf, und in jenem sind es die Haidekrautwurzeln, welche das dem Torf so eigenthümliche feine und dichte Gewebe herstellen. Wenn man das Haidekraut nur von unseren Haidestrecken her kennt, so könnte man glauben, dass diese verschlungene Bildung der Wurzel dem Haidekraut eigenthümlich sei; dem ist aber keineswegs so. Wo diese Pflanze einen Boden bedeckt, der eine dem Mull zunächst verwandte Beschaffenheit hat, und wo dieselbe nicht gar zu lange die Herrschaft über das Terrain gehabt hat, da verbreitet das Haidekraut seine Wurzeln ebenso frei in der Erde umher wie die Buche im Mull (so z. B. auf dem Oerholmer Felde im ersten Kopenhagener Forstdistrikt). Aber auf älteren Haidestrecken entwickelt sich allmählich der Haidetorf, der keineswegs nur den jütischen Haiden eigenthümlich ist, sondern auch hin und wider im nördlichen Seeland, und zwar auch in Begleitung von Bleisand und Ortstein oder Rotherde, welche bisweilen grosse Festigkeit und Mächtigkeit annehmen, vorkommt (z. B. auf Flugsand in der Sonneruper und der Aellinger Plantage in der Odsharde auf Seeland.).

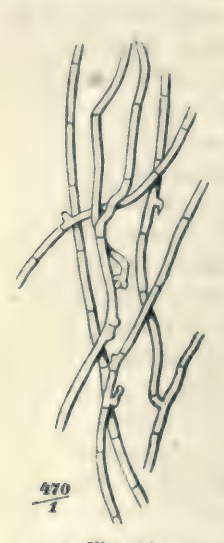


Fig. 10
Braunes dauerhaftes Schwammmycelium in Haidetorf.

Wenn man den Haidetorf einer mikroskopischen Analyse unterzieht, so wird man zu der Annahme geführt, dass der Ursprung dieser Bildung dem des Buchentorfs durchaus analog ist. Sowohl die lebenden wie auch die abgestorbenen Haidekrautwurzeln sind nämlich durch ein feines, glattes Mycelium von dunkelbrauner Farbe zusammengewebt, welches dem des Buchentorfs nahe verwandt ist, aber wohl zu einer anderen Art gehört, denn es ist weit feiner, hat nicht so regelmässig gebaute Schnallenzellen wie das Clado-

sporium des Buchentorfs und hat wahrscheiulich eine andere Art der Verzweigung. Es scheint, als ob dieses feinere Gewebe sich in ähnlicher Weise verhalte, wie jenes; es zersetzt sich sehr schwer und begleitet die Haidekrautwurzeln überall, selbst da, wo noch keine Spur einer Torfbildung vorhanden ist.

Auch im Haidetorf finden wir eine mehr oder minder starke Bearbeitung durch Insekten und oftmals enthält es eine Menge Exkremente und Chitinreste von Arthropoden; aber diese Schichten erreichen doch niemals den Grad der Lockerheit wie im Buchenwalde. In den Haiden hat der Torf ferner meistens eine weit feinere Struktur als in den Wäldern. Dies rührt theils von der geringeren Grösse der Haidekrautreste, theils von der reichlichen Flechtenvegetation her, welche den Boden in den Haiden bedeckt und durch ihre Zersetzung bekanntlich einen feinen staubförmigen Humus hervorbringt, welcher die Dichtigkeit des Haidetorfs noch vergrössert. Diesen Verhältnissen ist sicher auch die Erscheinung zuzuschreiben, dass die Grenze zwischen Torf und Bleisand in der Haide oft stärker verwischt ist als im Buchenwalde. Der oberste Theil des Bleisandes ist dort sehr häufig stark schwarz gefärbt, hauptsächlich durch äusserst feine kohlenähnliche Humuspartikeln, welche wahrscheinlich durch die Wasserbewegung aus dem Torf in den Bleisand hinabgeführt sind, und die denselben oft in nicht geringer Tiefe schwarz färben, wo, wie z. B. in Senkungen, ein stärkerer Wasserzufluss stattfindet. Aber auch im Buchentorf fehlen diese Bildungen nicht ganz, wenn sie auch seltener und in geringerem Grade vorkommen.

Wenn wir uns zu den chemischen Eigenschaften beider Torfformen wenden, so finden wir auch hier wesentliche Uebereinstimmungen. Tuxen's Analysen des Haidebodens zeigen (siehe weiter unten) ein ungefähr gleich grosses Quantum organischer Substanz im Haidetorf, wie im Buchentorf, indem wenigstens der auf den Hügeln befindliche Torf ca. 35 Procent enthält.[1]) Beide humose Schichten sind verhältnissmässig reich an sauren, in kaltem Wasser auflöslichen

---

[1]) S. Tidskr. f. Skovbr. I. Bd. p. 270 u. 277. Dass die Haidekruste, die aus der Ebene in der Nähe des östlichen Fusses der Hügel genommen war, verhältnissmässig wenig Humus, ca. 13 Procent, enthielt, mag daher rühren, dass sie hergewehten Sand aufgenommen hatte; denn selbst auf der

Humusstoffen,[1]) und sowohl der Bleisand wie die Rotherde verhalten sich hinsichtlich des Gehalts an Humusstoffen und der Beschaffenheit derselben auf gleiche Weise unter beiden Torfarten; nur ist die Rotherde des Buchenwaldes in den von uns untersuchten Oertlichkeiten etwas minder reich an organischer Substanz als die Rotherde der Haide. Ferner ist die Bewegung der auflöslichen anorganischen Stoffe von oben nach unten der Hauptsache nach an beiden Stellen dieselbe, wenn auch die Buchenrotherde eine geringere Anhäufung von auflöslichen Salzen zeigt als der Haideortstein, was vielleicht mit dem grösseren Reichthum des letzteren an Humus in Verbindung steht. An beiden Stellen ist der Bleisand in hohem Grade mager und die Rotherde erscheint reicher an den meisten Stoffen, als sie es im Verhältniss zum Abstande von der Oberfläche sein sollte.[2]) Die Schichten unter dem Haidetorf scheinen im Ganzen die besprochenen Verhältnisse in den Schichten unter dem Buchentorf stärker ausgeprägt zu zeigen.

Was endlich das Vorkommen des Haidetorfs betrifft, so lässt sich auch hier eine auffallende Uebereinstimmung zwischen diesem und dem Buchentorf erkennen. Keiner von beiden ist an eine bestimmte Bodenart gebunden. Wir finden in der Haide nämlich ebensowohl wie unter dem Buchentorf stark lehmige Flecke, über welche das Haidekraut seine gleichförmige Decke breitet, so dass es sich erst beim Graben zeigt, dass die bedeutendsten Verschiedenheiten im Boden nicht an der Oberfläche hervortreten. Während allerdings der grösste Theil der Haiden auf magerem Sandboden liegt, so giebt es doch auch grosse Strecken derselben auf ziemlich lehmigem Boden, wie z. B. in der Lövstruper Plantage in Jütland und nach einer Mittheilung von Kapitän Dalgas in der grossen Klosterhaide auf der Hügelpartie zwischen Lemvig und Holstebro. Aber den Torfbildungen in der Haide und im Buchenwalde in grossen Zügen gemeinsam ist die eigenthümliche oberflächliche Wurzelmasse der herrschenden baumartigen Pflanze und die trockene,

---

mit Haidekraut bedeckten Haide findet bei starkem Winde ein nicht geringer Sandflug statt, und die Flächenpartien östlich von den Hügeln sind daher in der Nähe derselben beständig der Zufuhr von Sand ausgesetzt.

[1]) S. Tuxen's nachstehende Analysen.

[2]) Vergl. die graphischen Darstellungen in der vorerwähnten Abhandlung mit den hier beigegebenen.

offene, unbeschützte Lage, welche nothwendig einen bedeutenden Einfluss auf das ganze organische Leben des Terrains ausübt, und zwar nicht am wenigsten auf den Theil der Fauna, welcher für die Mullbildung von Bedeutung ist.

Orientirung.

Ueber die Verschiedenheiten der Humusformen.

Im Folgenden wollen wir zu einem gründlicheren Verständniss der im Vorstehenden mitgetheilten Beobachtungen zu gelangen suchen, indem wir dieselben in die schon vorhandene Reihe von Untersuchungen über solche Verhältnisse, welche sie vorzugsweise zu beleuchten geeignet sind, einordnen. Wir beginnen diese Orientirung mit einer näheren Betrachtung der Verschiedenheiten der beobachteten Humustypen.

Die Humusbildung wird gewöhnlich als eine Oxydation aufgefasst, eine Verbrennung der Abfallmassen des organischen Lebens auf und in der Erdkruste, und die Chemie enthält die Beweise dafür, dass die chemischen Zersetzungen, welche die Pflanzen- und Thierreste verschwinden machen, Oxydationsprozesse sind, deren Endergebniss Kohlensäure, Wasser, Ammoniak u. s. w. ist. Die neuere Naturforschung hat ferner die Bedeutung der niedrigsten Organismen für die Einleitung und die Entwickelung dieser Zersetzung gezeigt; was aber speziell den Mull betrifft, so liegen nur sehr wenige Untersuchungen vor, die über die Frage Aufschluss geben können, was es eigentlich sein mag, das dem Humifikationsprozess auf festem Boden seinen bunten Reichthum an Abwechslungen giebt. Meistens wird derselbe klimatischen und ähnlichen physikalischen Ursachen in Verbindung mit der Beschaffenheit der zerfallenen Reste zugeschrieben. Indessen hat Professor Schiödte in der „Tidsskrift for Skovbrug“ hervorgehoben, dass auch die Insektenwelt einen bedeutenden Antheil an der Mullbildung nehmen muss; aber wirklich eingehende Untersuchungen über den Ursprung der verschiedenen Humusformen hat erst der Schwede Hampus v. Post in seiner vortrefflichen, im Auslande viel zu wenig benutzten Arbeit über

„Nutidens koprogena jordbildningar“[1]) geliefert. Unsere Beobachtungen können zur Beleuchtung der bei der Humifikation sich vollziehenden chemischen Prozesse nichts Erhebliches beisteuern, dagegen wohl — wenn auch nur für ein noch begrenztes Gebiet — weitere Beiträge liefern zu der durch v. Post's Arbeiten gewonnenen Erkenntniss, nach welcher man die meisten der auf dem festen Lande vorkommenden Humusformen als hauptsächlich aus thierischen Exkrementen bestehend ansehen muss.

Die mechanische Zertheilung der organischen Reste ist das erste augenfällige Glied der Humusbildung.

Ueberall, wo wir im Buchenwalde die Abfallmassen, die wirklich zertheilt und im Zerfallen begriffen sind, untersuchten, hatten dieselben überwiegend den Charakter thierischer Exkremente und dieselben bilden so mächtige Schichten, dass die humosen Ablagerungen in vielen Fällen ausschliesslich aus diesem Material bestehen. Aber zu der zertheilenden Thätigkeit der Thiere tritt die der saprophyten Pflanzen. Die unendliche Heerschar der Pilze breitet sich überall aus, wo nur die kleinste Spur vom Abfall des organischen Lebens sich befindet und dient dazu, die feinsten Bestandtheile desselben noch weiter aufzulösen und zu zertheilen. Wenn wir dazu die Myriaden der niedrigsten Organismen aus dem Reiche der Moneren legen, welche, wie wir aus den Untersuchungen anderer Forscher wissen, diese Reste bevölkern, so scheint es ausser allem Zweifel, dass dieser Theil der Humifikation im Wesentlichsten von Thieren und saprophyten Pflanzen ausgeführt wird.

Dies wird noch weiter dadurch bestärkt, dass der Grad und die Art der Zertheilung, und dadurch zugleich die Humusform, mit der Fauna und Flora des Orts in genauer Verbindung zu stehen scheint. Wir haben zuerst gesehen, wie gewisse augenfällige Verschiedenheiten im organischen Leben auf zwei im Uebrigen ganz gleichartigen Lokalitäten bedeutende Veränderungen in der Mullform veranlassen, wie z. B. die von den Insekten und den Regenwürmern bearbeiteten kleinen Flecke in den Torfflächen. Ferner bemerkt man, dass Humus von derselben Beschaffenheit, der auf verschiedenen Orten abgelagert ist, eine gewisse Uebereinstimmung mit dem dort vorkommenden organischen Leben hat. Endlich haben wir ein

---

[1]) H. v. Post, Studier öfver Nutidens koprogena jordbildningar, Gyttje, Dy, Torf och Mylla (Kgl. Svenska Vetesnk. Akad. Handl. Bd. IV Stockholm 1862).

interessantes Zeugniss, namentlich von der Bedeutung des thierischen Lebens darin, dass je nachdem dieses an Fülle und Entwickelung abnimmt, auch die Zertheilung der organischen Reste beschränkter wird, bis dieselben da, wo das thierische Leben bis auf ein Minimum herabsinkt, lange Zeit hindurch fast unverändert erhalten bleiben, wie in den mächtigsten und zähesten Torfschichten. Zwar ist hier das zertheilende Vermögen der Pilze und der Einfluss der anderen auflösenden Faktoren unverkennbar, aber sie sind doch von weit langsamerer Wirkung als da, wo das Thierleben helfend hinzutritt.

H. v. Post hat gezeigt, dass die braunen Massen organischen Ursprungs, die in Gewässern abgelagert werden, zwei Hauptformen, Schlamm („Dy“) und Torf, mit vielen Uebergangsgliedern haben. Von diesen besteht der Schlamm hauptsächlich aus Exkrementen von Wasserthieren, mit Resten ihrer todten Körper untermischt, der Torf dahingegen aus unverzehrten vegetabilischen Resten mit einer geringen Menge thierischer Ueberbleibsel. Diesen beiden Bildungen entsprechen Mull und Torf durchaus, so dass auf der einen Seite Mull und Schlamm, auf der anderen Moor-Torf und Torf des trockenen Bodens als analoge Humusformen betrachtet werden müssen.

Organische, braungefärbte Ablagerungen:

	Unter Wasser.	Auf trockenem Lande.
Ganze Pflanzenreste mit wenigen Thierresten	Moor-Torf.	Hochboden-Torf.
Hauptsächlich Thierreste . . .	Schlamm.	Eigentlicher Mull, Insektenmull.

Während wir so im Allgemeinen v. Post's Auffassung von der Beschaffenheit des Mulls bestätigen müssen, führen unsere Beobachtungen uns doch zu dem Schluss, dass diese Humusform weit stärkere Verschiedenheiten, als die von ihm angeführten, enthält. Was der genannte Verfasser als „Laubholzmull“ bezeichnet, stimmt zunächst mit unserem Insektenmull überein. Derselbe ist von dunkelbrauner bis schwarzbrauner Farbe und besteht zunächst aus dem Mist der pflanzenfressenden Insekten; die beiden angeführten Analysen ergeben beziehungsweise 15 und 61 Procent organischen Stoffs, was ebenfalls mehr mit dem mullartigen Torf als mit irgend einer anderen Humusform des Buchenwaldes übereinstimmt. Eine stärkere Entwickelung des thierischen Lebens, wie in dem Regenwurmmull auf

frischem Boden, und eine überwältigende Fülle gewisser Pilzformen in Verbindung mit einer starken Einschränkung in der Entwickelung des Thierlebens, kann dahingegen, wie wir gesehen haben, unter derselben Hauptvegetation sehr verschiedene Humusformen hervorbringen, die weit mehr von einander abweichen als die von v. Post aufgestellten Kategorien Nadelholzmull, Laubholzmull, Feldmull, Bergmull u. s. w. Fügt man hinzu, dass wir unter einer Vegetation von Pflanzen der Haidekrautfamilie, zum Theil auch in Fichtenwäldern, Humusbildungen finden, die den beiden Hauptformen im Buchenwalde durchaus analog sind, so dürfte es zulässig erscheinen, die angegebene Haupteintheilung für die auf dem Trockenen abgelagerten humosen Schichten, welche im Wesentlichen ein von dem auf der Stelle herrschenden organischen Leben verschiedenes Zertheilungswerk repräsentiren, vorzuschlagen.

Die Mischung der organischen Reste mit der mineralischen Erde ist das zweite stark hervortretende Glied der Humusbildung, welche sich auf höchst verschiedene Weise unter derselben Hauptvegetation vollzieht. Diese Mischung ist von der grössten Bedeutung für die Fruchtbarkeit der Humusform; darauf deuten nicht allein unsere Beobachtungen hin, sondern es ist auch allgemein anerkannt, und die Mischung wird als eins der vorzüglichsten Kennzeichen des fruchtbaren Bodens hervorgehoben.[1]) Ihr Grad und ihre Beschaffenheit muss darum von grosser Bedeutung sein. Ueber diese Mischung äussert Senft sich folgendermassen: Kommt feingetheilter Humus in innige Berührung mit nassem Thon, so saugen beide Theile sich so fest an einander, dass ein kleines Quantum Humus sich mit jeder Thonpartikel verbindet, wodurch eine schwarze Mischung entsteht, welche bei langsamer Austrocknung sich als eine feinkörnige, stets feuchte und lockere Erdsubstanz zeigt, in der die Humuspartikeln sich viele Jahre halten können. Eine solche Mischung ist der Hauptbestandtheil der sogenannten Humuserde.[2]) Die Schilderung dieses angesehenen Verfassers von der Bodenmischung ist ganz gewiss sehr korrekt, aber wie kommen diese Stoffe, welche eine so merkwürdige Anziehung an einander haben, zusammen, was ist die Ursache der

---

[1]) S. z. B. Orth, Geognostisch-agronomische Kartierung, Berlin 1875, p. 29.

[2]) Senft, Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen, Leipzig 1862, p. 21. — Steinschutt und Erdboden, 1867, p. 307.

Mischung? Darüber habe ich vergebens in der Literatur Aufschluss gesucht. Es scheint mir indessen, dass unsere Beobachtungen dazu dienen können, bestimmte Winke darüber zu geben. Die Mischung scheint von verschiedener Art, und hauptsächlich die Wirkung dreier Ursachen zu sein, der Thätigkeit der Thiere, der mechanischen Versetzung durch das Wasser und der chemischen Umbildungen in Verbindung mit dem Auflösungsvermögen des Wassers.

Die Entwickelung des Thierlebens in der Erdkruste wird immer vermöge der wühlenden und grabenden Bewegungen der verschiedenen Arten eine Mischung der organischen Reste mit der mineralischen Erde zur Folge haben. Tunnelgrabende Insekten, wühlende Larven, Tausendfüssler, Araneen, Landisopoden u. A. werden stets im Verein mit dem Regenwasser und dem Winde eine Versetzung der kleinen Theile der Oberfläche bewirken und dadurch auch eine Vermischung zwischen den Abfallresten und der mineralischen Erde veranlassen. Alle Torfbildungen, von den allerfestesten bis zu den vollkommen lockeren und unzusammenhängenden, zeugen durch ihren Gehalt an Sand und Lehm von dieser Thätigkeit, liefern aber zugleich ein Zeugniss für die Grenzen dieses Mischungswerks. Soweit meine Beobachtungen reichen, muss im Buchenwald ein wirksameres Element hinzutreten, damit die Mischung zu eigentlichem Mull werden könne, und dies scheint von den Regenwürmern vertreten zu werden.

Man könnte versucht sein, aus der obengeschilderten Lebensweise dieser Thiere, aus der Masse, in der sie vorkommen, und aus der Uebereinstimmung zwischen der Struktur der obersten, zuletzt zubereiteten Erdschicht und der Beschaffenheit des ganzen Obergrundes zu schliessen, dass der ganze über dem Untergrunde befindliche Theil des Erdreichs durch den Darmkanal dieser Thiere gegangen sei, obwohl viele andere Geschöpfe auch am Zertheilungswerke theilgenommen haben müssen. Die Aufschlüsse, welche andere Verfasser über die Lebensweise der Regenwürmer, namentlich des grossen Regenwurms gegeben haben, führen zu derselben Annahme. So hat Hensen[1]) gezeigt, dass der grosse Regenwurm allein im Stande ist, eine oberste Schicht von fast reinem, in einem Blumentopf angebrachten Sande in schwarzbraunen Mull umzubilden, wenn der Sand mit Blättern und ähnlichen Pflanzenresten, die dem Wurm

---

[1]) A. a. O.

zur Nahrung dienen können, belegt wird. Darwin[1]) und ein anderer englischer Verfasser[2]) haben gezeigt, dass eine Schicht von Hausschutt oder Kohlen und Asche, die oben auf der Erde liegt, sich im Laufe von 10 bis 20 Jahren ein paar Fuss unter der Oberfläche befinden kann, bloss dadurch, dass die Stelle Jahr für Jahr von den mit Erde vermischten Exkrementen des grossen Regenwurms bedeckt worden ist. Ebenso wie bei Hensen's Versuch muss auch hier die ganze oberste Bodenschicht durch den Darmkanal des Wurms gegangen sein; der Boden wird also durch diese Arbeit vollständig umgekehrt. Ferner weiss ein Jeder, dass der Kies auf Gartenwegen und zwischen den Pflastersteinen manchmal schnell verschwindet, weil die Würmer Mull darüber decken, und endlich wird man fast in jedem Garten oder auf altem Graslande mit einigermassen frischem Boden eine so dichte Ansammlung der kleinen, von Blattrippen und dergleichen strotzenden Häufchen des grossen Regenwurms, mit Resten von älteren zwischen den frischen, finden, dass es durchaus augenscheinlich ist, dass die oberste Erdschicht fast ausschliesslich aus den Exkrementen dieses Regenwurms in verschiedenem Zersetzungsgrade besteht. Wenn man mit der genauen Uebereinstimmung zwischen der Struktur der Mullschicht und des Obergrundes die Vorstellung verknüpft, welches Resultat eine solche Arbeit liefern müsse, wenn sie Jahrhunderte hindurch auf derselben Stelle fortgesetzt wird, könnte man zu der Annahme gelangen, dass das merkwürdige Mischungswerk, welches der eigentliche Mullboden darstellt, und damit die hauptsächlichste Eigenschaft desselben, der Thätigkeit der gedachten Thiere zugeschrieben werden müsse.

Allein diese Beobachtungen können nur die Vermuthung bestätigen, dass die Scharen der Regenwürmer im Waldboden ausserordentlich wirksam sind zur Ausführung dieser Mischung, denn auf dem gegenwärtigen Standpunkt unserer Erkenntniss ist es kaum möglich, den Umfang ihrer Thätigkeit näher zu bestimmen. Zwei Wahrnehmungen nämlich habe ich mit dem oben Angeführten nicht in Uebereinstimmung bringen können. Die erste betrifft das Vorkommen der Regenwurmarten. *Lumbricus terrestris* findet sich keineswegs überall in unseren Buchenwäldern mit Mullboden; auf grossen vorzüglich mullreichen Strecken ist er nicht vorhanden.

---

[1]) S. Fogh, Lütken og Warming, Tidsskr. for pop. Fremst. of Naturv. 1870.

[2]) Rev. H. C. Key in „Nature“, 1877, p. 28.

Dahingegen scheinen der kleine Buchenregenwurm und die kleinen Enchytreusarten wohl niemals zu fehlen, wo Mull ist, aber ihr Verfahren ist ja von dem der Anderen sehr verschieden; es lässt sich kaum glauben, dass ihr Mischungsvermögen so gross sein sollte, obwohl ja auch ihre Exkremente eine bedeutende Menge Erde enthalten. Ziemlich launenhaft in seinem Auftreten, wenigstens hinsichtlich der Menge der Individuen ist auch der erdverschlingende gewöhnliche Regenwurm. Wir sehen also, dass ein hinsichtlich der auftretenden Regenwurmarten und der Zahl ihrer Individuen sehr verschieden bevölkerter Boden Mullformen von anscheinend gleicher Beschaffenheit hervorbringen kann; es ist daher schwierig, den Umfang der Arbeit, die sie bei der Mullbildung in den Buchenwäldern ausführen, schärfer zu begrenzen.

Dazu kommt noch eine Wahrnehmung, welche dazu beiträgt, die Sache unklar zu machen. Wenn der Mullboden, wie die Beobachtungen Hensen's, Darwin's und anderer Verfasser vermuthen lassen, wirklich aus Regenwurmexkrementen gebildet ist, so ist es nicht leicht zu begreifen, woher in den allein vom Geschlecht *Lumbricus* gebildeten Schichten die Steine und der grobe Kies kommen sollten, die, wenn auch in geringerer Menge als im Untergrunde, sich doch in der bearbeiteten Erdkruste befinden. Man muss daher so lange als die Lebensweise der kleineren Regenwürmer nicht genauer studirt ist, sich auf den Ausspruch beschränken, dass sie eine ausserordentlich bedeutsame Mischungsarbeit im Mull ausführen, ohne dass man wohl näher angeben kann, wieviel davon geradezu ein Produkt ihrer Thätigkeit zu nennen ist. Diese Bedenklichkeiten können doch nicht in wesentlichem Grade den Eindruck von der eminenten Bedeutung des Wurms abschwächen, wenn wir den Umstand, dass ich stets Regenwürmer im Mull und nie im Torf gefunden habe, dagegen halten und den Bau der Mullschichten mit den Exkrementen der Regenwürmer vergleichen.

In dem porösen Boden trägt auch das Vermögen des Wassers, die feinsten kleinen Partikeln mechanisch zu versetzen, wesentlich zur Mischung der Bestandtheile der Erdkruste bei. Wir sehen die Resultate dieses Prozesses am deutlichsten und einfachsten an der mit der Tiefe steigenden Menge des Thons, eine Wahrnehmung, die sich nicht allein durch die von Tuxen ausgeführten Schwemmungsanalysen (Taf. I und II) machen lässt, sondern auch auf das Vollkommenste durch die Untersuchungen anderer Forscher, wie durch

die Arbeiten von Johnstrup[1]) in Dänemark und von Girard[2]) und Orth[3]) in Deutschland bestätigt wird. Es lässt sich wohl kaum bezweifeln, dass wir es hier mit einer wirklichen Abschwemmung des Thons zu thun haben, und so ist die verhältnissmässige Armuth der obersten Schichten an Thon auch von den genannten Verfassern gedeutet worden.[4])

Dass eine ähnliche Versetzung auch bei den kleinsten, staubähnlichen Mullpartikeln im Boden stattfindet, ist an und für sich höchst wahrscheinlich, lässt sich aber allerdings nicht durch so klare Zahlen darstellen, als wie die Schwemmungsanalysen hinsichtlich des Lehms geben. Indessen gewähren uns die untersuchten Bodenschichten die Mittel, eine solche Versetzung der Humuspartikeln mit Hülfe des Wassers direkt nachweisen zu können. So finden wir an vielen Stellen, sowohl in den Haiden wie in den Buchenwäldern, die schwarze Farbe des Moors nicht scharf von dem weissen Bleisande getrennt, sondern es befindet sich unter dem eigentlichen Torf ein äusserst intensiv schwarzer Sand, der, je weiter man hinabkommt, immer heller wird, bis er endlich unmerklich in den weissen Bleisand übergeht. Diese Farbenskala erstreckt sich, da wo sie vorkommt, oft nur auf 1 oder 2 Zoll, aber bisweilen geht sie tiefer und theilt mitunter der ganzen Bleisandschicht eine schwarzgraue Farbe mit. An niedrig gelegenen Stellen oder in grösseren und kleineren Vertiefungen, wohin das Wasser der Oberfläche vorzugsweise abfliesst, zeigt sich dies besonders. Aus der mikroskopischen Analyse ergiebt sich, dass dieser schwarzgraue Sand namentlich dem Gehalt an zahlreichen kleinen Partikeln der feinsten Pflanzenfasern und sogenannter „Humuskohle“ in einem mehr oder weniger feinen Pulver, das zwischen ziemlich reinem Sande eingelagert ist, seine Farbe verdankt, ganz verschieden von der Art, wie die Humusstoffe in der Rotherde abgesetzt sind. Die Farbe der schwarzen Schicht unmittelbar unter dem Torf und das sehr rasche Abnehmen der Humuspartikeln mit der Tiefe

---

[1]) Om Fugtighedens Bevägelse i den naturlige Jordbund (Kgl. D. Vidensk. Selsk. Skr. V R. Bd. VII, p. 413, 447.

[2]) Die norddeutsche Ebene, Berlin 1855, p. 98.

[3]) A. a. O., p. 15 ff.

[4]) Die schlämmende und versetzende Thätigkeit des Wassers scheint der einzige Mischungsfaktor zu sein, dem Senft Bedeutung beilegt. (Steinschutt und Erdboden u. s. w., p. 321.)

machen es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass die Sanderde hier gleichsam filtrirend auf die festen Körper, welche das herabsickernde Regenwasser mit sich führte, gewirkt hat. Die verschiedene Feinheit des Sandes wird wohl bewirken, dass diese Herabspülung sich auf eine verschiedene Tiefe erstrecken kann, aber es scheint doch, als ob sie in dem Boden, der nicht ganz von Lehm entblösst ist, und der etwas feinen Sand enthält, nicht tief eindringen kann; meistens halten dann auch die obersten Zolle des Bleisandes den bei weitem überwiegenden Theil dieser herabgespülten Partikeln zurück, wenn auch aller Bleisand etwas davon enthält. Ganz gleiche Wahrnehmungen über hinabgespülte Humuspartikeln kann man machen, indem man unter der Loupe die festen aber porösen Schichten, welche sich unter dem eigentlichen Mull und unter dem von Insekten bearbeiteten Torf befinden, betrachtet. An den Wänden der feinen verschlungenen Kanäle, welche diese Schichten auszeichnen, sind zahlreiche solcher kleinen Partikeln vom Wasser abgesetzt. — Indem die Bodenschichten also filtrirend auf das herabsickernde Wasser wirken, halten sie in der obersten Kruste die feinsten organischen Reste zurück, welche demnach unter dem Torf besondere Schichten pulverförmiger, oder jedenfalls sehr fein zertheilter Humusstoffe, die hauptsächlich zwischen den Sandkörnern eingelagert sind, bilden. Mit der abnehmenden Feinheit der Erdsubstanz können diese grauschwarzen Schichten an Mächtigkeit zunehmen, aber auf dichterem und festerem Boden wird der grösste Theil dieser Humuspartikeln durch das Wasser allein schwerlich viele Zoll tief in den Boden hinabgeführt.

Von einer ganz anderen Beschaffenheit ist, wie oben berührt, die fast strukturlose Humusschicht, die sich in der Rotherde befindet. Sie besteht nicht aus scharf begrenzten Körpern, welche zwischen den Sandkörnern eingelagert sind, sondern sie umgiebt jedes Korn wie eine Hülle, ja in sehr magerem Sande (den Flugsandstrecken der Sonneruper und Aellinger Haide in der Odsharde auf Seeland) bedeckt sogar der Humusstoff die Sandkörner wie ein schwarzbrauner Firniss.[1]) Wenn wir wiederum eins unserer Profile aus dem Buchentorf betrachten, so finden wir also zu oberst eine Schicht, in welcher das feine Netz der Buchenwurzeln und das noch unendlich

[1]) S. Tuxen's nachstehende Analysen.

feinere, starke Mycelium die Abfallmasse so dicht zusammenwebt, dass das Wasser, welches dieselbe durchdringt, nichts Anderes mit sich in die Tiefe führen kann, als die feinsten Humuspartikeln und die aufgelösten Humusstoffe. Jene werden in dem obersten Theil des Bleisandes ausfiltrirt, darunter ist dieser oft schneeweiss und enthält also nur eine verschwindende Menge organischer Reste, und darauf folgt die Rotherde mit ihrem oft recht bedeutenden Gehalt an Humusstoff. Diese Schichtentheilung, in Verbindung mit den ganz verschiedenen Struktur- und Lagerungsverhältnissen im obersten Theil des Bleisandes, scheint im Vergleich mit der Rotherde nur so gedeutet werden zu können, dass sie auf verschiedene Weise, nämlich dort durch Herabspülung, hier durch Fällung aus einer Auflösung, hervorgebracht sind. Es scheint mir Alles darauf hinzudeuten, dass der Gehalt der Rotherde an Humus hauptsächlich auf diese Weise abgesetzt ist; denn wenn es feststeht, dass der Torf den darunter liegenden Boden mit organischer Substanz versieht, und dass das Wasser das Beförderungsmittel ist, so ist es doch nicht wohl denkbar, dass dieses — wenn die Herabspülung die einzige Art der Versetzung wäre — den obersten Theil der mineralischen Erde mit Humuspartikeln füllen, darunter fast Nichts absetzen, und endlich in einer tieferen Schicht den Rest zurücklassen sollte.[1])

Wenn es demnach möglich ist, in den Bodenschichten unter dem Torf das Resultat der abschwemmenden Kraft des Wassers von den Folgen seiner auflösenden und absetzenden Thätigkeit scharf zu trennen, so haben wir hier Gelegenheit, zwei Prozesse zu betrachten, welche beide bedeutungsvolle Mischungsmittel in dem besprochenen Boden zu sein scheinen. Dass die Wasserbewegung in dem lockeren Obergrunde unter dem Mull auf gleiche Weise die feinen Humuspartikeln versetzt, kann wohl kaum einem Zweifel unterworfen sein. Wenn man aber den mikroskopischen Bau der Rotherde mit der Struktur des lockeren, mullfarbigen Obergrundes unter dem Mull vergleicht, so ist es kaum möglich, durch solche Vergrösserungen, die sich hier anwenden lassen (ca. 450 Mal), einen wesentlichen Unterschied zu entdecken. Ich habe deshalb die Vermuthung nicht zurückhalten können, dass auch hier der dritte Mischungsfaktor, die Auf-

---

[1]) Ueber den Gehalt der Rotherde an organischem Stoff s. den Abschnitt „Verschiedenheiten des Obergrundes."

lösung und Ausfällung humussaurer Verbindungen, gleichwie in der Rotherde, mit einwirkt. Dass die verschiedenen Verfasser von „inkrustirenden Substanzen“ in der Mullerde sprechen, deutet darauf hin, dass ihnen etwas Aehnliches vorgeschwebt hat, und es scheint durchaus einleuchtend zu sein, dass bei der Humifikation fortwährend auflösliche Verbindungen gebildet werden, und dass diese theils durch chemische Verwandtschaft zwischen den Stoffen, theils durch den verschiedenen Verdünnungsgrad der auflösenden Flüssigkeit häufig in der Lage sind, wieder ausgefällt zu werden.

Es ist demnach höchst wahrscheinlich, dass die leblosen Kräfte, welche die Mischung der organischen Reste mit der mineralischen Erde im Boden bewerkstelligen, im Torf und seiner Unterlage dieselben gewesen sind, wie im Mull und dem dazu gehörigen Obergrunde. Dass das Mischungswerk dennoch so höchst ungleich ausgefallen, ist wohl also der von dem dritten Mischungsfaktor, dem thierischen Leben entfalteten ungleichen Thätigkeit zuzuschreiben. Es scheint demnach, als ob zwei der merkwürdigsten und bedeutungsvollsten Verschiedenheiten der Humusformen, die ungleiche Zertheilung der Abfallmassen und ihre ungleiche Vermischung mit der mineralischen Erde, Verschiedenheiten in dem organischen Leben der betreffenden Oertlichkeiten zugeschrieben werden müsse.

Die Humusform. — Wenn wir jetzt näher präcisiren wollen, was das Charakteristische bei den beiden Hauptformen humoser Ablagerungen im Buchenwalde zu sein scheint, so wird dies die Art und Weise sein müssen, wie die Zertheilung und Auflösung der organischen Reste sich vollzieht, die Art und Weise, wie sie mit den mineralischen Bestandtheilen des Erdreichs vermischt werden, und die chemischen Prozesse, welche jedem Typus eigenthümlich sind. Hinsichtlich dieses letzteren Punktes hat die vorliegende Untersuchung sich darauf beschränken müssen, ein charakteristisches Symptom der Art der Umsetzung, nämlich das Vorhandensein freier, im Wasser auflöslicher Humussäure, aufzufinden, ohne die Prozesse, welche dies Resultat ergeben haben, genauer verfolgen zu können.

Darauf gestützt könnte man für die Hauptformen der in Buchenwäldern beobachteten humosen Ablagerungen vielleicht folgende Diagnosen stellen:

		Hauptsächlich Produkt des thierischen Lebens im Boden	Hauptsächlich vegetabilische Schicht
Nicht über 10 Procent organischer Substanz, ohne freie, auflösliche Humussäure, gut vermischt mit der mineralischen Erde, sowohl durch die Thätigkeit der Thiere wie die des Wassers	vollkommen zertheilt, locker, ohne Zusammenhang . .	Echter Mull	
30—60 Procent organischer Substanz, enthält freie, auflösliche Humussäure, höchst unvollständig und fast nur durch die Thätigkeit des Wassers mit der mineralischen Erde vermischt	vollkommen zertheilt, locker, ohne Zusammenhang . .	Mullartiger Torf	
	unvollkommen zertheilt, fest, zähe, zusammenhängend		Echter Torf

Es ist wahrscheinlich, dass die meisten Humusformen, die auf dem trockenen Lande abgelagert sind, sich auf eine von diesen Hauptgruppen zurückführen lassen, und dass die zahlreichen Variationen und Uebergangsformen der Hauptsache nach ihre Eigenthümlichkeiten der Beschaffenheit der Oertlichkeit, sowie deren Flora und Fauna verdanken.

Ueber die Verschiedenheiten des Obergrundes.

Der Obergrund unter dem Mull. Die oberste 2—4zöllige dunklere griesige Erdschicht ist ziemlich reich an unorganischen Stoffen, die in verdünnter Salzsäure löslich sind. Zwar liegt nur eine Analysenreihe, die dies zeigen kann, darüber vor (Pf. I), aber augenscheinlich muss es sich so verhalten, da diese Schicht eine

grosse Menge von einer unvollständig zersetzten organischen Abfallmasse enthält, so dass man wohl nicht daran zweifeln kann, dass sie in der Regel reich an Pflanzennahrung sein müsse.

Weit auffallender ist es, dass wir unmittelbar unter dieser Schicht die ärmste Partie des Buchenwaldmulls finden und dass — soweit wir aus den Analysen schliessen dürfen — von da an die Menge der auflöslichen Stoffe mit der Tiefe steigt. Nur die Kalkmenge scheint im obersten Theil des Obergrundes etwas grösser zu sein, als im untersten. Dies mag vielleicht davon herrühren, dass das Vorhandensein dieses Stoffs in den obersten Bodenschichten, grossentheils den jährlich abfallenden Blättern, welche, wie bei einer anderen Gelegenheit gezeigt worden,[1]) fast eine Kalkdüngung genannt werden können, zugeschrieben werden muss. Das Steigen der Kurve gegen die Oberfläche (Taf. I) deutet vielleicht auf die Quelle hin, aus der ein Theil der Kalkmenge des mullartigen Obergrundes stammt. — Es fehlt wohl nicht ganz an Analogien, dass der Untergrund etwas reicher an verschiedenen Stoffen ist, als der Obergrund, aber theils ist dies an Ackerfeldern nachgewiesen worden, wo die Ernten die obersten Erdschichten erschöpft haben, während der Gehalt der Vegetation an unorganischen Stoffen im Walde zum allergrössten Theil durch das Abfallen der Blätter zum Boden zurückgekehrt ist, theils ist der Unterschied hier so ausnehmend gross, dass er in hohem Grade unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen muss.

Wir haben gesehen, dass auf den untersuchten Lokalitäten die Thonmenge ziemlich regelmässig mit der Tiefe steigt; wir haben ferner, indem wir unsere Zahlen mit Johnstrup's verglichen, die sich auf eine weit ansehnlichere Reihe von Untersuchungee stützen, dies für eine durchaus normale Erscheinung ansehen müssen, was übrigens auch mit den von Girard und Orth gemachten Beobachtungen übereinstimmt, und wir haben endlich keinen Grund, dieselbe nicht in Uebereinstimmung mit diesen Verfassern als eine Ausschwemmung durch das Wasser zu erklären.[2]) Da nun die auflöslichen

---

[1]) Ueber die Bedeutung des abgefallenen Laubes für den Reichthum des Bodens an Pflanzennahrung (Tidskr. f. Skovbr. II).

[2]) Orth scheint übrigens einen Theil dieses Ausschwemmungsprozesses an das Ende der Eiszeit und die Hebung des Landes zu verlegen. (Geogr.-agr. Kart. p. 15 ff.)

Salze der Hauptsache nach dieselbe Bewegung wie der Thon zeigen, so liegt die Frage nahe, ob nicht das Wasser auch an der verhältnissmässigen Armuth der obersten Schichten an löslichen Verbindungen die Schuld trage.

Hinsichtlich der beiden Stoffe, deren Bewegung am regelmässigsten ist, nämlich des Kalks und des Eisens, ist dies wohl keinem Zweifel unterworfen. Die Entblössung der obersten Erdschicht von Kalk durch das kohlensäurehaltige Wasser, das sich stets im Mullboden vorfindet, ist eine allgemein bekannte Erscheinung. Zwar wird der Kalk von den Humussäuren festgehalten, aber durch deren Oxydation zu Kohlensäure in dem porösen und lockeren Boden wird er im kohlensäurehaltigen Wasser wieder löslich, und durch viele Beobachtungen ist es dargethan, dass der Kalk dadurch aus den oberen Bodenschichten weggeführt wird. Dasselbe gilt vom Eisen.[1]) Theils ist dasselbe mit dem Thon so innig verbunden, dass es mit diesem zusammen aus der Oberfläche weggeführt wird, theils veranlasst bekanntlich die Zersetzung der organischen Reste in den obersten Bodenschichten die Bildung von auflöslichem, kohlensaurem Eisenoxydul, welches zugleich mit dem Kalk vom Regenwasser in tiefere Partien hinabgeführt wird. Weit unregelmässiger sind die Bewegungen des Kali und der Phosphorsäure, aber man sieht doch, dass sie derselben Hauptrichtung folgen, wie der Lehm, der Kalk und das Eisen, obgleich sie der gewöhnlichen Annahme nach in der Erdkruste durch die Absorptionsvermögen derselben zurückgehalten werden sollten. Unsere Untersuchungen sind nicht zahlreich genug, und die Kenntniss von der Stoffbewegung in solchen humosen Bodenarten ist zu gering, als dass es zulässig wäre, durch Vermuthungen zu ersetzen, was an sicheren Beobachtungen zur Erklärung dieser Erscheinung fehlt. Ich will daher nur auf zwei Momente aufmerksam machen, welche darauf hinzudeuten scheinen, dass in der That dieselbe Ursache, welche den Kalk und das Eisen aus den obersten Bodenschichten entfernt hat, zugleich zur Verringerung der Menge an Kali- und Phosphorsäure hat beitragen können, während es sich allerdings nicht in Abrede stellen lässt, dass der Verbrauch des wachsenden Waldes an Nahrungsstoffen Antheil daran haben mag; indessen kann dieser Faktor doch nicht von wesentlicher Bedeutung für die erwähnte Stoffbewegung sein, da es sich nicht annehmen

---

[1]) Vergl. Orth, a. a. O. p. 10, 14, 30 u. a. St.

lässt, dass die Vegetation den Inhalt ihrer Vorratskammer so regelmässig von oben nach unten verzehrt. Das erste der beiden angedeuteten Momente ist der Umstand, dass die absorbirenden Stoffe selber, der Thon und das Eisenoxyd, wie wir gesehen haben, in weit geringerer Menge in den obersten Schichten vorhanden sind; und dass die Humusstoffe selbst kein Vermögen haben, Kali und Phosphorsäure festzuhalten.[1]) Es ist desshalb wahrscheinlich — wenn es auch nicht feststeht — dass diese Stoffe sich in grösserer Menge in den unteren, an den absorbirenden Elementen reicheren Bodenschichten anhäufen. Aber dazu kommt als zweites Moment, dass das Absorptionsvermögen durch das Vorhandensein von Säuren geschwächt wird;[2]) dasselbe ist keineswegs absolut, und namentlich entzieht säurehaltiges Wasser dem Boden stets etwas von den genannten Stoffen. Da nun endlich unsere Analysen darauf hindeuten, dass der Buchenwaldmull mehr saure Humusstoffe enthalten muss als die Ackererde, weil jener sich neutral zeigt, während diese alkalisch reagirt, so ist es auch wahrscheinlich, dass er der Auswaschung durch das Regenwasser mehr ausgesetzt ist, als das bearbeitete Land, dessen Absorptionsvermögen vorzugsweise Gegenstand der Untersuchungen gewesen ist.

Das Bild, welches uns die Analysen von dem Verhalten der auflöslichen unorganischen Verbindungen in dem guten Waldboden geben, ist ein ganz anderes, als es gewöhnlich angenommen wird, und die mitgetheilten Untersuchungen dürften genügen, um die Aufmerksamkeit der Forscher auf diese Verhältnisse zu lenken. Während man nämlich die lockeren, oft mullfarbigen Erdschichten, welche jährlich mit dem Abfall des Waldes bedeckt werden, für sehr reich an Pflanzennahrungsstoffen gehalten hat, kann dies doch nur von dem obersten, dunkler gefärbten, 3 bis 4 Zoll tiefen Theil gelten, der wirklich eine grosse Menge von den Wurzeln der Buche und der Bodenvegetation enthält. Unmittelbar darunter ist der Boden verhältnissmässig arm und wächst darauf an Reichthum mit der Tiefe.

Der Obergrund unter dem Torf. — Es scheint, dass unsere Beobachtungen dazu dienen können, auf die eigenthümlichen Bildungen unter dem Torf einiges Licht zu werfen, welchen man

---

[1]) Knop, Bonitierung der Ackererde, Leipzig 1871, p. 68.

[2]) Knop, a. a. O. p. 19. Vergl. Forchhammer, Om Marsk, Dynd og Törv (Tidsskr. f. Landökon. III. R. XIII. Bd. 1865. p. 321).

in den Haiden so grosse Beachtung geschenkt und die man auf so verschiedene Weise erklärt hat.

Wenn man ein Profil des mit Mull bedeckten Buchenwaldbodens mit einem Profil von dem mit Torf bekleideten vergleicht, so werden nach den von uns gegebenen Aufschlüssen die Differenzen nicht so gross erscheinen, als man im ersten Augenblick glauben sollte. Die Torfschicht entspricht offenbar der lockeren Blätterdecke in Verbindung mit der obersten, 2 bis 4 Zoll dicken Schicht von Exkrementen und mehr oder weniger stark zersetzten Pflanzenresten. Darunter finden wir in beiden Fällen einen Obergrund, in welchem die Menge an Thon, Eisen, Kalk und zum Theil auch an anderen unorganischen Stoffen in gleicher Weise mit der Tiefe zunimmt. Die Grundzüge sind also dieselben; aber unter dem Mull ist Alles zusammengemischt, was unter dem Torf in besondere Schichten, in denen die Humusstoffe zugleich eine etwas andere Rolle spielen, geschieden ist, und ferner ist die Magerkeit der obersten Obergrundschicht, des Bleisandes, eine grössere unter dem Torf.

Der Unterschied zwischen dem Bleisande und dem entsprechenden Theil des Obergrundes im Mullboden kann vielleicht am richtigsten so bezeichnet werden, dass dort ein theilweiser Mangel an inkrustirenden Stoffen herrscht, während sie hier reichlich vorhanden sind. Da gerade diese, nach der herrschenden Anschauung, die grösste Menge Pflanzennahrung enthalten und zum grossen Theil der Sitz des Absorptionsvermögens des Bodens sind, so muss dieser Unterschied, den das Mikroskop uns unzweideutig zeigt, von durchgreifender Bedeutung werden. Um das Entstehen dieses Unterschiedes zu begreifen, stelle man sich vor, welche Veränderungen in den zunächst unter dem Mull liegeden Schichten eintreten würden, wenn jener sich allmählich in Torf verwandelte.

Wird die zertheilende und vermischende Thätigkeit des Thierlebens stark eingeschränkt, so werden so gut wie alle organischen Reste oben auf der Erde liegen bleiben. Dadurch würde noch keine Bleisandbildung entstehen — was der Boden unter den Eichengebüschen in der Haide bezeugt — so lange noch keine Haidekrautvegetation eingewandert ist; hier wird die Abfallsmasse der Pflanzen wesentlich oben auf der Erde zersetzt, ohne dass sich Torf und Bleisand bilden. Aber ganz anders gestaltet es sich, wenn die organischen Reste durch das Pilzmycelium und die Buchen- oder Haidekrautwurzeln zu dem zähen, festen Torffilz zusammengewebt werden.

Dadurch wird der Boden dicht verschlossen, und derjenige Theil der Zersetzung des Abfalls, welcher auf der Unterseite dieser Schicht sich vollzieht, oder die Umbildung der mit dem Regenwasser hinabsickernden Humussäuren und humussauren Verbindungen in Kohlensäure und kohlensaure Salze kann nicht den erforderlichen Sauerstoff von der Luft bekommen, sondern muss ihn sich von sauerstoffreicheren unorganischen Verbindungen, namentlich dem Eisenoxyd verschaffen. Dadurch werden leicht auflösliche Eisenoxydulsalze, welche mit dem Regenwasser aus der obersten Erdschicht fortgeführt werden, gebildet, und nach und nach wird diese dadurch ihrer ursprünglichen, wesentlich vom Eisenoxyd herrührenden Farbe beraubt. Mit dem Verschwinden des Eisenoxydhydrats verliert auch diese von vornherein magere Bodenschicht einen grossen Theil ihres Absorptionsvermögens, auf sandigem Boden vielleicht den durchaus überwiegenden Theil desselben, und die das Regenwasser begleitenden Humussäuren und humussauren Ammoniaksalze, welche sich in grosser Menge im Torf bilden müssen,[1]) und die ein merkwürdiges Vermögen besitzen, andere Salze, sogar Silikate aufzulösen,[2]) werden ohne Schwierigkeit diese Bodenschicht ihrer inkrustirenden Stoffe berauben können und sie erschöpfen. Der Einfluss des humussäurehaltigen Wassers auf den Obergrund, sowohl unter dem Mull, als namentlich unter dem Torf, wie wir ihn hier angenommen haben, stimmt durchaus mit der Rolle, welche Forchhammer den Humussäuren in den Mooren beilegt, überein. Er hebt hervor, dass die Armuth des Haidebodens an Pflanzennahrungsstoffen davon herrühre, dass diese durch das humussäurehaltige Wasser, welches auf den Boden annähernd denselben Einfluss gehabt hat, als ob derselbe durch verdünnte Salzsäure ausgezogen sei, aus dem Torf ausgewaschen sind[3]). Sollte die Erfahrung, welche man oft die Ackerbauer aussprechen hört, dass alter Waldboden „todt“ sei, und verhältnissmässig langsam zu Kräften gebracht werden könne, nicht vielleicht darauf beruhen, dass die oberste Erdkruste im Laufe der Zeiten durch Auswaschung mittelst humussäurehaltigen Wassers einen

---

[1]) Ueber den bedeutenden Gehalt des Abfalls an Stickstoff s. Schröder, Untersuchungen über den Stickstoffgehalt des Holzes und der Streumaterialien u. s. w. (Allg. Forst- und Jagd-Zeit. 1877, p. 221.)

[2]) So z. B. Senft, Humus u. s. w. p. 29.

[3]) „Om Marsk, Dynd og Törv“, a. a. O. p. 321.

Theil ihres ursprünglichen Vorraths an Pflanzennahrungsstoffen verloren hat? — Unsere Erwägungen führen uns also zu der Annahme, dass die Bleisandbildungen im Wesentlichsten der in der Torfdecke sich vollziehenden eigenthümlichen Zersetzung der organischen Reste, unter Ausschliessung des Sauerstoffs der Luft, in Verbindung mit der Thätigkeit des Wassers, zugeschrieben werden müssen.

Es würde uns zu weit führen, wenn wir die Glieder unserer Beobachtungen, welche zur Beleuchtung der Natur der Bleisandbildungen dienen könnten, Punkt für Punkt durchgehen wollten, allein ich glaube, dass sie sich auf die oben angedeutete Weise vollständig erklären lassen. Ich will nur bemerken, dass die oberste, weissgraue Schicht des Untergrundes unter dem Mull[1]) wohl nicht zu den eigentlichen Bleisandschichten gerechnet werden kann, denn es fehlt hier keineswegs die inkrustirende Masse; aber eine fernere Verwandtschaft mit diesen Bildungen scheint doch in ihrer verhältnissmässigen Armuth an dem färbenden Eisenoxyd zu liegen, welche alle die Bodentheile auszeichnet, die bei unvollständigem Zutritt der Luft mit den sauerstoffgierigen Humusstoffen in Verbindung treten. Die Festigkeit, welche diese Schicht zeigt, hat einen ganz anderen Ursprung, als die Härte, welche nicht selten den Bleisandbildungen in ihren unteren Partien eigen ist; hier ist die Masse dicht und durch kleine Quantitäten Humussäure zusammengebunden, dort ist sie durch die Ausspülung des Wassers porös geworden und durch zusammengepackte Thonpartikeln befestigt.[2])

Die oben dargestellte Auffassung von dem Ursprung der Bleisandbildungen stimmt übrigens nicht mit den spärlichen Bemerkungen, die sich in der Literatur darüber finden, überein. Der Einfluss der Zersetzung der organischen Reste auf die Umbildung des Eisenoxyds in leicht auflösliche Oxydulsalze, die mit dem Wasser fortgeführt werden können, ist ein so allgemein anerkannter und so vielseitig untersuchter Prozess,[3]) dass es für den Sachverständigen wohl nicht das geringste Bedenken haben kann, ihn auch hier anzunehmen. Nichtsdestoweniger hat Senft, der selbst in reichlichem Masse auf dies Verhältniss hinweist, um die eigentliche Ortsteinbildung zu er-

---

[1]) Der einzige Verfasser, bei dem ich eine Erwähnung dieser Schicht gefunden habe, ist Orth (a. a. O. p. 14).

[2]) S. Tuxen's nachstehende Analysen.

[3]) Senft, Humus u. s. w. p. 195—203.

klären, wenn ich ihn recht verstanden habe, nicht an diesen Ursprung des Bleisandes gedacht. Er meint nämlich erstens, dass die Gerbsäure bei diesem Prozess eine hervorragende Rolle[1]) spiele, und da er diese Ablagerungen nur unter der Haidekrautwurzelvegetation kennt, welche wohl einige Gerbsäure enthalten kann, so ist seine Annahme leicht erklärlich. Im Buchenwalde aber haben wir eine Vegetation, deren Abfall nicht besonders gerbsäurehaltig ist, so dass man kaum annehmen darf, dass diese organische Verbindung irgend welchen Antheil an den in der Erde sich vollziehenden Umbildungen hat. Da ferner viele Umstände dagegen zu sprechen scheinen, dass diese sehr unbeständige Säure von besonderer Bedeutung im Haidetorf[2]) sein könne, so halte ich dafür, dass unsere über die Bleisandbildungen des Buchenwaldes gemachten Beobachtungen es höchst zweifelhaft erscheinen lassen, ob die Gerbsäure bei den genannten Umbildungen überhaupt eine andere Rolle spielt, als jede organische Verbindung, welche mit grosser Begierde Sauerstoff aufnimmt und schliesslich zu Kohlensäure verbrennt.

An einer anderen Stelle[3]) hat Senft den Ursprung der „limonitartigen Sandaggregate", wahrscheinlich unserer Rotherde, als eine Abschwemmung des Eisenoxydhydrats von den Sandkörnern der obersten Bodenschicht und eine Ablagerung der abgeschwemmten Eisenverbindung in grösserer Tiefe erklärt. Dass dies aber jedenfalls nicht die Entstehungsursache der hier geschilderten Bleisandbildungen sein kann, scheint auf der Hand zu liegen, da kein Grund zu der Annahme vorhanden ist, dass das Wasser das Eisen in stärkerem Grade von dem mit dem beschützenden Torf bedeckten Boden abspülen sollte, als von dem mit dem schwächer beschützenden Mull überlagerten.

Der einzige Verfasser[4]), der, soviel mir bekannt ist, Bleisandbildungen in Buchenwäldern beschrieben hat, ist Emeis, dessen Mittheilungen darüber[5]) erschienen sind, nachdem die vorliegende Untersuchung begonnen war und nachdem ich Gelegenheit gehabt hatte, die Aufmerksamkeit Anderer auf diese Bildungen zu lenken. Sein

---

[1]) A. a. O. p. 193.

[2]) S. Tuxen, Om Lyngskjoldens Udluftering (Tidsskr. f. Skovbr. II, 1877).

[3]) A. a. O. p. 209.

[4]) Vergl. z. B. Senft, a. a. O. p. 181.

[5]) Emeis, Waldbauliche Forschungen u. Betrachtungen, Berlin 1875, p. 13.

interessantes Buch, das eine Reihe hübscher Beobachtungen enthält, giebt indessen von den Bleisandbildungen eine Erklärung, die mit der von mir aufgestellten durchaus nicht übereinstimmt. Es scheint, als ob er keine Kausalverbindung zwischen der Bildung des Torfs und des Bleisandes annehme. Das Vorkommen des Torfs schreibt er einigen ziemlich dunkeln klimatischen Einwirkungen zu, und er nimmt an, dass der Bleisand durch das Ausscheiden von Kieselsäure aus den Pflanzen entstanden sei. Die Zersetzung der Pflanzenreste auf der Erdoberfläche kann zwar zur Bildung von etwas unauflöslichem Kieselmehl Anlass geben; dass aber die Bleisandschicht durchaus nicht eine solche Ablagerung organischen Ursprungs ist, zeigt die genaue Uebereinstimmung zwischen den mineralogischen Bestandtheilen und dem Zertheilungsgrade dieser Schicht und des Untergrundes. Dies springt namentlich da in die Augen, wo, wie an mehreren Stellen in Jütland (Laven Skov, Addit Skov) der Boden mit den glimmerreichen Bodenarten der Braunkohlenformation stark vermischt ist; denn hier enthält der Bleisand diese charakteristischen Elemente ebensowohl wie der Untergrund. Auch die entfärbten Lehmschichten, die sich häufig unter dem Torf finden, allmählich in wirkliche Bleisandbildungen übergehen und für durchaus analog mit diesen anzusehen sind, widersprechen auf das Bestimmteste der von Emeis aufgestellten Erklärung.

Auch die vorliegenden Analysen der Rotherde fordern zum Vergleich mit den Untersuchungen anderer Verfasser über verwandte Bildungen auf.

Ein Blick auf Taf. II oder eine Betrachtung von Tuxen's unten angeführten Analysen zeigt, dass die fünf untersuchten Rotherdeproben aus seeländischen Buchenwäldern keineswegs Eisenoxydaggregate genannt werden können; es kommt durchaus nicht mehr Eisen in dieser Schicht vor, als sich nach ihrem Platz im Boden, in welchem das Eisenoxyd von der Oberfläche nach dem Untergrunde steigt, dort befinden muss. Dagegen zeigen die Analysen, dass das, was der Schicht ihre Farbe giebt, Humussäuren oder humussaure Salze sind, die doch nicht in sehr bedeutender Menge vorkommen; und eine fortgesetzte Betrachtung der Tafel II macht es höchst wahrscheinlich, dass die Humussäuren hier wesentlich an Thonerde und die alkalischen Erdarten Kalk und Magnesia gebunden sind, mit denen sie, wie auch mit dem Eisenoxyd in Wasser unlösliche Salze geben; denn nur diese Stoffe sind in der Roth-

erde in einer den humosen Stoffen entsprechenden Menge angehäuft. Könnte man nicht annehmen, dass es von der Beschaffenheit des Bodens abhängt, ob es Eisenoxyd, oder Thonerde und alkalische Erden sein werden, an welche die Humussäuren in der Rotherde gebunden erscheinen, so dass der Boden, welcher eine genügende Menge der zuletztgenannten Basen enthält, dieselben vorzugsweise an die Humussäuren der Rotherde abgiebt, während in dem besonders mageren Boden das Eisenoxyd als Base aufträte? Dass die Schicht zugleich grössere Mengen von Phosphorsäure und Schwefelsäure enthält, kann wohl zunächst als eine Absorptionserscheinung angesehen werden; diese Stoffe, welche in nicht unbedeutender Menge das herabsickernde Wasser begleiten müssen, und welche wohl von dem im Torf angehäuften Pflanzenresten herrühren, mögen hier von den in grösserer Menge vorhandenen absorbirenden Verbindungen zurückgehalten werden. In dem Umstande, dass die beiden Säuren gerade hier aufgehäuft werden, sehen wir ein weiteres Zeugniss, dass der darüber liegende Bleisand entweder ganz oder zum Theil sein Absorptionsvermögen verloren hat. Man muss demnach wohl annehmen, dass die Rotherde im Wesentlichen den Humussäuren und den humussauren Salzen ihre Eigenthümlichkeiten verdankt.

Unsere Analysen beziehen sich indessen nur auf Bodenarten, welche den seeländischen Buchenwäldern entnommen sind. Wenn man die entsprechenden Bildungen in den Silkeborger Wäldern in Jütland studirt, so ist es augenscheinlich — soweit man ohne Analyse sehen kann —, dass die Eisenoxydverbindungen hier eine weit grössere Rolle spielen; denn es hält nicht schwer, alle Uebergänge zwischen Rotherdeschichten, welche vollkommen den seeländischen gleichen, und ausgeprägten Ortsteinschichten zu finden, in denen Eisenoxydhydrat und andere Eisenverbindungen unzweifelhaft durchaus überwiegen. Würde es demnach nicht am Richtigsten sein, die Rotherdeschichten in ihren verschiedenen Formen wesentlich als aus wässerigen Auflösungen ausgefällte Ablagerungen von Humusstoffen und humussauren Salzen zu betrachten, während es auf der mineralogischen Beschaffenheit des Bodens beruhen würde, ob die Base vorzugsweise aus humussaurem Eisenoxyd oder aus anderen verwandten unauflöslichen humussauren Salzen bestünde? Es scheint jedenfalls unvermeidlich zu sein, diese Bildungen mit der eigenthümlichen an Säuren reichen Form von Humus, welche wir als Torf bezeichnet haben, in Verbindung zu setzen. Dass diese

humussauren Verbindungen sich namentlich da ablagern, wo wir die Rotherde finden, würde wohl mittels der namentlich von Senft über die Natur dieser Stoffe gegebenen Aufschlüsse unschwer zu erklären sein; da aber solchen Vermuthungen doch eine genügende Grundlage an Untersuchungen fehlen würde, ziehen wir es vor, künftigen Studien, welche unmittelbar darauf ausgehen, diese Verhältnisse zu erläutern, die Erklärung zu überlassen.

Während Senft in seiner oft angeführten Arbeit das Hauptgewicht darauf zu legen scheint, dass das Bindemittel in den rotherde- und ortsteinähnlichen Bildungen Eisenoxyd sei, hebt Forchhammer stärker hervor,[1]) dass es humussaures Eisenoxyd sei, aber die Resultate, zu welchen wir gekommen sind, werden doch namentlich durch Schütze's Analysen[2]) bestätigt. Er hat nämlich vier verschiedene Proben dieser Masse analysirt und gefunden, dass sie nicht mehr Eisenoxyd enthielten, als gewöhnlicher Sandboden überhaupt, wohingegen ihm die Stoffe, welche diese Schichten zusammenkitteten, humusartig zu sein schienen. Aber doch erst durch die hier mitgetheilten Analysen, die sich nicht allein auf Rotherde von verschiedenen Stellen, sondern auch auf die Eisenmenge der entsprechenden über- und unterliegenden Schichten beziehen, ist, wenn ich nicht irre, der Beweis geliefert worden, dass nicht die Eisensalze, sondern die Humusverbiungen das typisch Bestimmende für diese Bildungen ausmachen.

Es scheint mir daher vortheilhaft, in anderer Weise als es bisher geschehen ist, die Bezeichnungen für diese Bildungen zu begrenzen, die übrigens kaum als wesentlich verschiedene, sondern nur als verschiedene Produkte durchaus analoger Prozesse aufzufassen sind, was auch von Anderen anerkannt zu sein scheint.[3]). Indessen könnte es zu Missverständnissen Anlass geben, wenn man die verschiedenen Formen von Rotherde und Ortstein allein nach ihrem absoluten Gehalt an Eisenoxyd bezeichnete, und es dürfte richtiger sein, auch die Eisenhaltigkeit dieser Schicht im Verhältniss zum Untergrunde in Betracht zu ziehen, weil man nur dadurch in den Stand

---

[1]) Forchhammer, Om Ahlformationen og Campinesandet (Overs. o. kgl. d. Vidensk. Selsk. Forh. 1862, p. 156).

[2]) Schütze, Die Zusammensetzung des Ortsteins (Danckelmann, Zeitschr. f. Forst- und Jagdw. Bd. VI, 1874, p. 190).

[3]) S. z. B. Senft, a. a. O. p. 210.

gesetzt wird, zu erkennen, ob wirklich eine Anhäufung dieses Bindemittels stattgefunden hat.

Ich schlage deshalb vor, die Benennung Rotherde anzuwenden für solche durch Humusstoffe und humussaure Salze gefärbte oder verbundene Schichten von grösserer oder geringerer Ausdehnung, welche unter Bleisand- und Torfschichten vorkommen und nicht mehr Eisen enthalten, als der unmittelbar darunter liegende Untergrund.

Ortstein wäre demnach die Bezeichnung für ähnliche Schichten oder mehr inselförmige Bildungen, in welchen mehr Eisenoxydhydrat angehäuft ist als in der sie umgebenden Erde, und deren durchaus überwiegende Menge, wenigstens über 50 Procent, und im Allgemeinen zwischen 80 und 90 Procent, aus Sand und ähnlichen unorganischen Körpern besteht.

Unter Raseneisenstein wären dann, wie gewöhnlich, nur solche Eisenaggregate zu verstehen, deren Hauptmasse aus Eisenoxyden gebildet wird.

Dass diese drei Formen in höchst verschiedenem Grade der Vegetation schädlich sind, muss einleuchtend erscheinen, obgleich sowohl Rotherde wie Ortstein in festen, sandsteinartigen Varietäten und in der Form erdartiger Schichten auftreten können. Ob der Ortstein vom Lehmboden ausgeschlossen ist, weiss ich nicht, dass aber rotherdeartige Bildungen auch dort vorkommen können, ergiebt sich aus den oben mitgetheilten Beobachtungen. Keine dieser Bildungen ist ausschliesslich an eine Haidekrautvegetation gebunden, wie man dies bezüglich der beiden ersten gewöhnlich annimmt, sie scheinen aber unzertrennlich von solchen humosen, an Humussäuren reichen organischen Ablagerungen, welche da entstehen, wo Anhäufungen von Pflanzenresten aus den verschiedensten Ursachen durch unvollständigen Zutritt des Sauerstoffs der Luft zersetzt werden, während die lockeren, gut gelüfteten und gemischten humosen Ablagerungen, welche keine freie Humussäure enthalten, von einem lockeren, gut gemischten Obergrund begleitet sind.

Der Einfluss des organischen Lebens auf die Beschaffenheit des Bodens in den Buchenwäldern.

Wir haben, auf unsere Beobachtungen gestützt, die eigenthümliche Entwickelung des organischen Lebens unter verschiedenen Ver-

hältnissen mit dem wechselnden Charakter der humosen Bodendecke in Verbindung gesetzt und in diesem die Ursachen der höchst ungleichen Beschaffenheit des Obergrundes wahrnehmen zu können gemeint. Es scheint indessen so wunderbar, dass eine verhältnissmässig unbedeutende Veränderung in der Thier- und Pflanzenwelt eines Bodens, wie das Auftreten oder Verschwinden der unansehnlichen Regenwurmarten und die grössere oder geringere Entwickelung eines mikroskopisch feinen Pilzgewebes im Stande sein könne, die Beschaffenheit der ganzen Erdkruste bis auf eine Tiefe von mehreren Fuss gänzlich umzubilden und dadurch in die natürlichen und ökonomischen Verhältnisse der Oertlichkeit mächtig einzugreifen, dass man zu der Frage veranlasst wird: Vorausgesetzt, dass die mitgetheilten Beobachtungen richtig sind und die dargestellten Anschauungen über Gleichzeitigkeit und Aufeinanderfolge der verschiedenen Erscheinungen korrekt sind, ist es darum auch ausgemacht, dass die einzelnen Umstände, die so zusammengestellt sind, sich wirklich zu einander verhalten wie Ursache und Wirkung? Gleichzeitigkeit und Aufeinanderfolge beim Vorkommen einiger Erscheinungen bedingt bekanntlich noch keine Kausalverbindung zwischen denselben. Der Verf. ist sich dessen sehr wohl bewusst, dass eine weit grössere Reihe von Untersuchungen dazu gehört, um auf Grundlage einer vollständigen Beweisführung die ursächliche Verbindung zwischen den geschilderten Verhältnissen festzustellen, glaubt aber doch, dass eine sorgfältige Prüfung der mitgetheilten Beobachtungen seine Vermuthung bestätigen wird. Man muss indessen den Ausgangspunkt unserer Schlussreihe, die erst mit den gemachten Wahrnehmungen beginnen kann, in Betracht ziehen. Wenn wir darauf aufmerksam gemacht haben, dass der Mull im Wesentlichen das Gepräge von der Arbeit der Regenwürmer trägt, und dass der Torf hauptsächlich durch die verbindenden Elemente, die Buchenwurzeln und das Pilzmycelium, seinen Charakter erhält, so haben wir damit noch keinen Aufschluss darüber gegeben, wodurch diese beiden Faktoren, jeder an seinem Ort, hervorgerufen wurden. Wenn es ferner auch anzunehmen ist, dass die Feuchtigkeitsverhältnisse der Oertlichkeit auf die Entwickelung der beiden Humustypen Einfluss haben, so wissen wir doch noch Nichts darüber, ob grosse Dürre oder Feuchtigkeit die Ausbreitung der für die Regenwürmer wahrscheinlich nahrhaften hellen Myceliengewebe in besonderem Masse hemmt, oder die Entwickelung der hornartigen, unverdaulichen Cla-

dosporienfäden begünstigt, oder endlich die Regenwürmer geradezu vertreibt. Unsere Beobachtungen beginnen mit den Strukturverhältnissen des Bodens, und erst danach können unsere Schlüsse beginnen. Was dagegen für die besonderen Formen des organischen Lebens bestimmend ist, darüber besitzen wir nur in den Aufschlüssen über das Vorkommen derselben schwache Andeutungen. Ausser den Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens kann es andere Eigenthümlichkeiten bei den Lokalitäten geben, worüber unsere Beobachtungen uns keine Erklärung gegeben haben, die aber bedeutsam eingreifen können.

Es ist nämlich wahrscheinlich, dass die hervorgehobenen faunistischen und floristischen Eigenthümlichkeiten im Boden nur als der Ausdruck eines Zustandes von complicirterem Charakter und mit einer bunteren Reihe von Voraussetzungen, als es sich überschauen liess, aufgefasst werden muss; dass sie als ein Ausdruck, der im glücklichsten Fall nur eins der wichtigsten Hauptmomente liefern kann, anzusehen sind. Denn hier, wie überall in der lebenden Natur, ist eine Erscheinung äusserst selten die einfache Folge einer einzigen Ursache. Ursachen und Wirkungen ketten sich in einer so raschen und bunt wechselnden Reihenfolge an einander, dass die menschliche Forschung, selbst beim reichsten Material, sich damit begnügen muss, in der verwirrenden Mannigfaltigkeit der Erscheinungen die Verbindungen zwischen einzelnen der mächtigsten Ursachen und deren Wirkungen nachzuweisen.

Wenn wir mit diesem Vorbehalt unsere Beobachtungen und Schlüsse in dem Satz zusammenziehen, dass die verschiedene Entwickelung des organischen Lebens eine der Hauptursachen der geschilderten Verschiedenheiten im Boden des Buchenwaldes ist, so glaube ich, dass fortgesetzte Untersuchungen unsere Schlüsse bestätigen werden.

Wir können einen einfachen Ausdruck für die verschiedenen beschriebenen Zustände im Waldboden finden, wenn wir sie als verschiedene Grade von B e a r b e i t u n g bezeichnen. Der Mullboden des Buchenwaldes stellt einen bis zur Tiefe von 2 bis 5 Fuss so vollständig bearbeiteten Boden dar, dass keine praktische menschliche Thätigkeit ein besseres Resultat in dieser Beziehung erzielen kann. Der mullartige Torf hat einen Boden, in welchem nur die alleroberste Schicht bearbeitet ist, so dass sie der Luft Zutritt gestattet und eine bequeme Wohnung für die Pflanzenwurzeln abgiebt.

Der ausgeprägte Torf endlich bildet einen vollständig unbearbeiteten Boden, von dem die Luft fern gehalten wird, und wo die Pflanzenwurzeln nur schwer fortkommen können. Diese Gradationen entsprechen durchaus der Entwickelung des Waldes auf den verschiedenen Humusformen, indem er auf dem voll bearbeiteten Boden seine grösste Fülle und Kraft erlangt, auf dem unbearbeiteten Boden aber durchaus verkümmert und sich nicht selbst zu verjüngen vermag. Der durch die Humusform bewirkte Bearbeitungsgrad erhält demnach einen mächtigen Einfluss auf die Vegetation.

Von der pflanzengeographischen Bedeutung der Humusform.

Als denjenigen Faktor, welcher die Pflanzen im Terrain innerhalb der Wuchszone einer jeden Art vertheilt, hat man früher mit grösserer Stärke als jetzt, wie es scheint, den chemischen Charakter des Bodens, die wesentlichsten Bestandtheile der darin enthaltenen Pflanzennahrungsstoffe hervorgehoben. Während man zwar auf einzelnen Punkten diese Anschauung durch erneuerte eingehende Untersuchungen[1]) bestätigt sieht, wird die vermeintlich grosse Bedeutung dieses Faktors vielleicht auf anderen Punkten abgeschwächt, jedenfalls aber tritt eine andere mächtige Ursache der Vertheilung, nämlich das in jeder Oertlichkeit vorkommende Zusammenleben der Organismen, stärker hervor. Es sind indessen keineswegs allein Organismen derselben Gruppe, welche durch gegenseitige Rivalität, durch ihren Kampf ums Dasein, oft auf die merkwürdigste Art zu ihrer Vertheilung im Terrain beitragen, wie die Forstleute dies bezüglich der Waldbäume besonders zu beobachten Gelegenheit haben; sondern es wirken auch die Organismen der verschiedensten Gruppen auf ihr Vorkommen unter einander ein und setzen ihrer gegenseitigen Ausbreitung Grenzen. Dass so die pflanzenfressenden Insekten zur Begrenzung der Verbreitung einer Pflanzenart beitragen können, muss allen denjenigen einleuchtend erscheinen, welche Gelegenheit gehabt haben, das Verhältniss der massenhaft auftretenden Insekten zu den sie nährenden Pflanzen kennen zu lernen. Dazu kommt aber noch, was bis jetzt wahrscheinlich seltener beachtet worden ist, dass

---

[1]) S. z. B. Fliche et Grandeau, De l'influence de la composition chimique du sol sur la végétation du pin maritime (Bertin, Ann. de Chim. et de Phys. Ser. IV Tom. XXIX, 1873, p. 383).

die verschiedensten Organismen das Erdreich für einige Arten minder bewohnbar machen und die Entwickelung anderer begünstigen können. Der obenberührte merkwürdige Wechsel der krautartigen Pflanzen in den gelichteten Stellen unserer Wälder ist ohne Frage eine derartige Erscheinung; aber hier ist es doch nur noch die eine phanerogame Pflanze, welche einer anderen den Boden bereitet. Merkwürdiger sind dahingegen die Fälle, in denen gewisse Faunen und Floren sich gegenseitig bedingen. So ist ein eigenthümlicher Pflanzenwuchs auf Maulwurfs- und Ameisenhaufen[1]) nachgewiesen worden, und Grove[2]) hat darauf aufmerksam gemacht, wie ein eigenthümliches Thierleben im Boden die Fruchtbarkeit der Marsch entwickeln und sogar bedingen könne, während fehlendes Thierleben in Verbindung mit der Ausbreitung einer Conferve die Ursache der Unfruchtbarkeit gewisser Lokalitäten (in dänischen Marschgegenden „Sturt“ genannt) zu sein scheine. Unsere Studien über Torf und Mull werden endlich ein neues Glied zu der schon vorhandenen Reihe von Beobachtungen dieser Art hinzufügen.

Wenn nämlich fernere Untersuchungen die Anschauung bestätigen sollten, zu denen unsere Beobachtungen uns geführt haben, nämlich dass die kräftige Entwickelung oder das Verschwinden einer eigenthümlichen Erdfauna eine wesentliche Ursache der Bildung von Mull und Torf sei, so wird sie damit zugleich ein mitwirkender Faktor für die Vertheilung der Pflanzenarten im Terrain und nimmt Theil an so augenfälligen Veränderungen in der Flora der Oertlichkeit, dass man von ihr sagen muss, sie trage dazu bei, unserer Landschaft ihren Charakter zu geben und greife in grosse ökonomische Verhältnisse ein.

Schon auf die Bodenvegetation übt die Mullform, wie oben erwähnt, ihren Einfluss aus, und zwar in solchem Grade, dass in ganzen Landestheilen Pflanzen fehlen, die in anderen zu den allerhäufigsten gehören. So kann man grosse Strecken in den Wäldern des mittleren Jütland durchwandern, ohne die für das Buchenmull charakteristischen Pflanzen zu finden, und der Dozent Rostrup hat mir mitgetheilt, dass in den Wäldern Lolland's und des südöstlichen

---

[1]) Bischenau, Die Flora der Maulwurfshaufen (Nobbe, Landwirthsch. Versuchsst. Bd. XIV, 1876, p. 176).

[2]) Om Törlägning og Kultivering af Havbugter og Söer (J. C. la Cour, Tidsskr. f. Landök. IV R. III Bd., 1869, p. 22 ff.).

Fühnen, deren Flora er genau kennt, weder Buchentorf, noch die auf demselben wachsenden Pflanzen *Trientalis*, Schwiele und Heidelbeere vorkommen.

Alle diese unscheinbaren Pflanzen aber können nur im Auge des Botanikers einem Landestheil sein Gepräge geben. Grossartiger wird die Wirkung, wenn auch die Waldbäume dazu beitragen, und man wird nicht bezweifeln, dass dies der Fall ist, wenn man die Wälder auf Jütlands Höhenrücken besucht. Der Torf bedeckt hier weite Strecken und hindert die Buche, sich wie auf dem Mull zu verjüngen. Die westlichen Waldränder zeigen, wie die Holzvegetation gegen Osten zurückgedrängt wird und wie das Haidekraut in derselben Richtung vordringt; aber dies würde sicher nicht geschehen sein, wenn der junge Wald, da wo die alten Bäume verschwanden, hätte in die Höhe schiessen können, oder wenn sich der Boden mit einer anderen Vegetation, die den Kampf mit dem Haidekraut hätte aufnehmen können, bedeckt hätte. Der Buchenwald selber hat durch seine Torfbildung die Haide vorbereitet, oder es ist vielmehr der wesentlichste Charakter derselben in und von dem Buchenwald entwickelt, und nur die herrschende Vegetation wechselt, wenn das Haidekraut die Buche ablöst, auf dem neu gebildeten Haideboden. So erhalten die Verhältnisse, welche den Torf entwickeln, grosse Bedeutung für den naturgeschichtlichen und ökonomischen Charakter einer Gegend, einer Landschaft.

Wie ist es aber zu erklären, dass wir Torfbildungen in vielen von unseren Wäldern finden, und dass diese, wenigstens an mehreren Stellen in Jütland und an einzelnen Orten im nördlichen Seeland unzweifelhaft nur von Haiden abgelöst werden könnten, wenn die Natur sich selbst überlassen bliebe? Wo sind aber die Haiden, die das Terrain in früheren Zeiten vom Buchenwald geerbt hätten? Denn man darf sicher nicht mit Emeis annehmen, dass sich unsere klimatischen Verhältnisse in der letzten Zeit wesentlich verändert haben. Die grossen jütischen Haidestrecken haben schwerlich jemals Buchenwald getragen. Alle Beobachtungen sprechen dafür, dass Eichenwälder von derselben Art, wie derjenige bei Hald, an Stellen, wo überhaupt Wald gestanden hat, die unmittelbaren Vorgänger der Haide gewesen sind. Ohne Zweifel hat ein Theil der hügeligen Haiden auf Jütlands Höhenrücken Buchen abgelöst, aber es handelt sich hier schwerlich um grosse Strecken, und hin und wider kann man noch Spuren derselben als Krüppelwuchs finden. Dass Solches nicht in

grösserer Menge vorhanden ist, muss darauf beruhen, dass das Ganze eine verhältnissmässig neue Erscheinung ist.

Es scheint mir, dass der Schluss nicht anders ausfallen kann, wenn die Voraussetzung richtig ist, als dass die Buche auf Torfboden sich nicht natürlich verjüngen kann, und das wird sicher jeder Forstmann bestätigen können. Die Torfbildung kann daher nicht älter sein, als der alte Wald, dessen Boden sie bedeckt. Es würde indessen sehr sonderbar sein, wenn die Torfbildung in Buchenwäldern nur ein Produkt der letzten Jahrhunderte sein sollte, und wir werden daher zu der Frage geleitet, ob nicht die torfbildende Vegetation an solchen Stellen, nämlich der Buchenwald selber, aus verhältnissmässig später Zeit stammen sollte. Es ist wohl möglich, dass rücksichtslose Abholzung, Waldbrände und ähnliche Umstände, welche zur Entblössung des Bodens beigetragen haben, zugleich mitwirkende Ursachen der Entwickelung des Torfes gewesen sind; aber es ist doch kaum wahrscheinlich, dass solche Verhältnisse allein so gleichartige Ablagerungen auf grossen Strecken und auf Stellen wo schwerlich je eine starke Abholzung stattgefunden hat, wie z. B. im Herzen des Gribsskov, an der Grenze des 4. und 5. Kronborgschen Forstdistrikts, hätten hervorbringen können. Es ist im höchsten Grade wahrscheinlich, dass die Buchenvegetation an solchen Stellen nur wenige, vielleicht sogar nur eine Generation als reiner Buchenwald erlebt hat, bevor sie unterlag.

Dass die Buche in diesen Waldstrecken ein verhältnissmässig junger Baum ist, darauf deutet schon die Thatsache hin, dass sie gewöhnlich nicht in unseren Waldmooren vorkommt, deren Bildung also vor der Einwanderung der Buche sicher schon abgeschlossen war. Die Schlüsse aber, zu denen wir durch unsere Studien über den Torf gelangen, werden ferner durch geschichtliche Aufzeichnungen, wenn man dieselben mit den Wachsthumsverhältnissen der Buche und ihrer Nebenbuhlerin, der Eiche vergleicht, bestätigt. So ergiebt es sich aus Vaupell's vortrefflichen Untersuchungen[1]) mit vollkommener Gewissheit, dass der grösste Theil der reinen Buchenwälder auf dem Geschiebesande des mittleren Jütland — in denen der Forstmann jetzt all' seine Kunst aufbietet und bedeutende Kosten anwendet, um zu verhindern, dass sie durch Torfbildung in Haide verwandelt werden — noch vor nur zweihundert Jahren so stark mit Eichen

[1]) De danske Skove, Kjöbenhavn, 1863, p. 285—292.

vermischt war, dass Christian IV. ein bedeutendes Baumaterial für seine Flotten daraus bezog; und ein von Vaupell angeführtes Abnutzungsregister aus dem Jahre 1645 zeigt, dass die Schweden sich am Ende des damaligen Krieges mehrere tausend Eichen zu Schiffsbauholz aus den Wäldern in der Umgegend von Silkeborg ausliefern liessen. Jetzt ist in den meisten jener Wälder kaum eine einzige Eiche vorhanden, und die spezielle Beschreibung des Forstwesens über den Silkeborger Forstdistrikt[1]) aus dem Schluss der fünfziger Jahre nennt nur einen 30jährigen Eichenbestand von der Grösse eines Viertel Hektars auf dem über 2800 Hektar grossen Forstdistrikt. Es ist durch Vaupell's klassische Untersuchungen festgestellt worden, und es wird von jedem praktischen Forstmann als eine Thatsache betrachtet, dass die Eiche und die Buche nicht lange Zeit hindurch, namentlich nicht auf trockenem, warmem und sandigem Boden, in brüderlichem Verein leben können; die Beschaffenheit der Wälder, wie sie im 17. Jahrhundert in der Umgegend von Silkeborg war, kann desshalb auch kein Zustand von langer Dauer gewesen sein, und Vaupell verlegt sicher mit vollem Recht die grössere Verbreitung der Buche in diesen Gegenden nur um 200 Jahre zurück. Im gegenwärtigen Augenblick, also 200 Jahre später, ist die Eiche verschwunden und die natürlich entstandenen Wälder bestehen ausschliesslich aus Buchen; dann ist durch den Einfluss der Buche — was aus der Beschaffenheit des Buchentorfs hervorgeht — die Bodenfläche in der Weise verändert worden, dass das Terrain nothwendigerweise an vielen Stellen in Haide übergehen muss. Ferner haben wir gesehen, dass das Haidekraut auf diesem mageren und trockenen Boden die Oberfläche ganz in derselben Weise verändert wie die Buche, und wo es, mittels rücksichtsloser Abholzung oder wegen anderer Verhältnisse, wodurch der Boden entblösst wurde, in die alten Eichenwälder einwandern konnte, da hat es diese allmählich verdrängt, die Verjüngung verhindert und dass Terrain in die weiten Haidestrecken einverleibt.

Wir werden durch diese Beobachtungen zu dem Schluss geführt, dass die Einwanderung des Haidekrauts und der Buche in die alten Eichenwälder auf dem trockenen Geschiebesande das gleiche Resultat, nämlich die Haidebildung, zur Folge gehabt habe. An

---

[1]) S. Lütken, Statistisk Beskrivelse af de danske Statsskove, 1870, p. 240—246.

dem einen Ort hat die Buche ein Zwischenglied zwischen der Eiche und der eindringenden Haidekrautvegetation gebildet, an dem anderen ist die letztere ohne Vorbereitung gekommen. Auf vielen trockenen und sandigen Bodenstrecken hat also die Einwanderung der Buche die Einleitung zum Verschwinden der Waldvegetation gebildet, und diese mächtige Veränderung in der Natur unseres Landes auf recht ansehnlichen Strecken hat sich an vielen Stellen in kürzerer Zeit als einem halben Jahrtausend vollzogen. Aber durch diese Schlüsse werden wir zugleich zu der Bemerkung gebracht, dass man sich hüten muss, die Ursache solcher naturgeschichtlichen Erscheinungen in einem einzelnen Faktor zu suchen, wozu man so oft geneigt ist. Die einzelne, einfache Thatsache, das Verschwinden des Waldes, scheint das Resultat eines bunten und verwickelten Zusammenwirkens einer grossen Reihe von Faktoren zu sein. Denn die Beschaffenheit des Bodens, der Wind und die Temperatur, welche sowohl auf die Erdoberfläche wie auch direkt auf die Vegetation einwirken, der Einfluss des Regenwassers auf den Boden, die mechanische Versetzung der Partikeln desselben und die chemischen Umsetzungen in dem Boden, die sowohl von dem Leben der grossen Waldvegetation, als auch von der mikroskopischen Pilzflora und dem unscheinbaren und verborgenen Thierleben des Bodens beeinflusst sind — alle diese heterogenen Kräfte haben in buntem Zusammenwirken zur Hervorbringung dieser Erscheinung, welche wir wahrnehmen, und die wieder nur ein Glied in neuen Veränderungen und Umbildungen ist, beigetragen.

Aber daraus folgt dann wieder, dass viele verschiedene Verhältnisse störend in die rasche und regelmässige Entwickelung dieser Erscheinungen eingreifen können. Die Mischungsverhältnisse des Bodens, welche in höherem und geringerem Grade zur Bewahrung der Frische des Bodens dienen können, die Abdachung des Terrains, der Abstand des Grundwassers, die Behandlung des Waldes u. s. w., alle diese Momente können nicht allein auf die sichtbare, sondern auch auf die verborgene Fauna und Flora einwirken und dadurch zu einer rascheren oder langsameren Entwickelung der beobachteten Erscheinungen, zu ihrer grösseren Ausbreitung oder ihrem beschränkteren Auftreten beitragen, und es wird desshalb zu einer bedeutsamen Aufgabe für den Forstmann, die minder hervortretenden Züge der Naturgeschichte des Waldes mit Aufmerksamkeit und Interesse zu verfolgen.

Wenn wir endlich zum Ausgangspunkt dieser unserer Arbeit, zu der Wahrnehmung zurückkehren, dass die Buche in den verschiedensten Bodenarten, namentlich sowohl auf Sandsteinbildungen, als auch auf Kalkboden, in den grossen Waldungen des Auslandes, bald eine kräftige Entwickelung, bald ein schlechtes und verkrüppeltes Wachsthum zeigt, ohne dass es möglich ist, die Ursache dieser Verschiedenheit in den Faktoren zu finden, zu denen der Forstmann gewöhnlich seine Zuflucht nimmt, um solche Verhältnisse zu erklären, nämlich das Klima und die chemische Zusammensetzung des Bodens, so wird es durch die genannten Untersuchungen über die Natur der Humusbildungen und durch die Beobachtungen in unseren eigenen Wäldern zur höchsten Wahrscheinlichkeit erhoben, dass die Verschiedenheiten zum grossen Theil von den anderen, mehr verborgenen Bewohnern herrühren, welche ebensowohl auf dem Sandstein wie auf dem Kalkstein der Waldvegetation ein völlig bearbeitetes und durchlüftetes Erdreich, oder einen nur ungenügend und oberflächlich bearbeiteten Boden bereiten können, oder ihn endlich durchaus fest und unbearbeitet lassen.

Ueber Ackererde und Walderde.

Niemand zweifelt mehr daran, dass ein fruchtbarer Boden die für eine kräftige Vegetation unentbehrlichen unorganischen Stoffe in einer den Pflanzen zugänglichen Form enthalten müsse, und diese Voraussetzung der Fruchtbarkeit gilt selbstverständlich sowohl für den Wald- wie den Ackerbau. Allein die hierauf begründete Düngerlehre des Ackerbaues ist doch in ihrer praktischen Bedeutung wesentlich durch die Lehre vom physikalischen Zustande des Bodens begrenzt. Diese Begrenzung muss aber im Waldbau noch weit enger werden, als beim Ackerbau, da ein neues einflussreiches Moment hinzutritt, der verschiedene Grad der natürlichen Bearbeitung. Die neueren Beiträge zur Theorie des Waldbaues, welche in dem letzten Dezennium die Arbeiten Ebermayer's, Schütze's, Schröder's und anderer Verfasser lieferten, sind im Wesentlichsten Versuche gewesen, eine Düngerlehre für den Waldbau zu begründen, wie ich dies in einer früheren Abhandlung hervorgehoben habe; allein bei der Anwendung der hierdurch gewonnenen Erfahrungen darf man nicht die andere, meiner Meinung nach noch bedeutungsvollere Seite der Theorie des Waldbaus vergessen, nämlich die Lehre von dem Einfluss, welchen

die verschiedene physikalische Beschaffenheit des Bodens auf das Wachsthum des Waldes ausübt. Der Unterschied zwischen der Theorie des Ackerbaues und des Waldbaues, welcher von dem verschiedenen Grade herrührt, in welchem die Düngerlehre beider von der Kenntniss des Einflusses, welchen der physikalische Zustand des Bodens auf seine Fruchtbarkeit ausübt, begrenzt wird, kann vielleicht am leichtesten deutlich gemacht werden durch eine kurze Darstellung der Bedeutung, welche die neueren Studien über die Ackererde der physikalischen Beschaffenheit des Erdreichs beilegen, und durch die Untersuchung, ob die Einschränkungen, welche das Gebiet der eigentlichen Düngerlehre dadurch erleidet, auch auf die Theorie des Waldbaus anwendbar sind.

Danach wird es erstlich einleuchten, dass alle die physikalischen Eigenschaften der Erdkruste, die man vielleicht der Kürze halber die Schüblerschen nennen könnte, da dieser Verfasser durch seine berühmten Versuche die Kenntniss derselben begründet hat, in hohem Grade durch die Humusform beeinflusst werden müssen. Die Lockerheit der Erdkruste, ihr spezifisches Gewicht, ihr Vermögen, Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen, ihre wasserhaltende Kraft, Erwärmungsfähigkeit u. s. w., müssen bei Mull und Torf höchst verschieden sein. Unsere Kenntniss von der Bedeutung dieser Verhältnisse für die Vegetation ist indessen noch so gering, dass es unmöglich ist, ihre verschiedenen Grade in günstige und ungünstige einzutheilen. Nur die extreme Entwickelung nach der einen oder der anderen Seite gestattet bestimmte Schlüsse über Nutzen und Schaden. So kann man sicher sagen, dass die grosse Festigkeit des Torfs und sein stark entwickeltes Vermögen, Wasser einzusaugen und zurückzuhalten u. s. w., die Beschaffenheit des leichten Bodens, auf welchem diese Humusform so häufig vorkommt, auf das Vollständigste, und wahrscheinlich in überwiegend ungünstiger Richtung, müssen verändern können. Da die Bodenkruste des Ackerfeldes vermöge ihrer Bearbeitung bei Weitem nicht zwischen so grossen Extremen im Sinne der Schübler'schen Eigenschaften schwankt, wie die Walderde, so wird der Forstmann auch genöthigt sein, denselben grössere Aufmerksamkeit zu widmen, und er wird ihnen leichter als der Landmann einen Platz unter den Eigenschaften, nach welchen er die Fruchtbarkeit seines Bodens beurtheilt, einräumen.

Einen ganz anderen Werth, als den Schüblerschen Eigenschaften legt man bei Beurtheilung der Fruchtbarkeit der Ackererde dem

Absorptionsvermögen des Bodens bei. Nachdem die grossen Hoffnungen gescheitert waren, welche man seiner Zeit auf die chemische Analyse des Bodens setzte, als ein Mittel, um die Fruchtbarkeit einer Oertlichkeit für den Ackerbau zu bestimmen, hat man, veranlasst durch Liebig's Untersuchungen vom Schluss der fünfziger Jahre, sich mit aller Energie auf das Studium dieser Eigenschaft, deren Bestimmung jetzt als Bonitirungsmittel in den Vordergrund gestellt wird, geworfen. Die Absorption ist bekanntlich die dem Boden in verschiedenem Grade innewohnende Eigenschaft, theils durch physikalische Anziehung, theils durch chemische Verwandtschaft, die wichtigsten unorganischen, als Pflanzennahrungsmittel unentbehrlichen Stoffe, Kali, Ammoniak, Natron, Magnesia, Kalk und Phosphorsäure zurückzubehalten, welche alle, wenn auch in sehr verschiedener Menge, im Boden zurückbleiben, wenn sie demselben in einer Auflösung zugeführt werden.[1]) Die Ursache warum man auf dies Vermögen als Fruchtbarkeitsfaktor beim Ackerbau so grosses Gewicht legt, wird von Knop in ungefähr folgender Weise angegeben:[2]) Soll die chemische Analyse von Nutzen sein, so ist es nothwendig, die Frage von der augenblicklichen Menge der Nahrungsmittel von der Frage über die Beschaffenheit des Vorrathsmagazins, der Wohnung der Pflanze selber zu trennen. Diese Behauptung behält ihre Gültigkeit sowohl in rein wissenschaftlicher Beziehung als bei der praktischen Beurtheilung der Fruchtbarkeit eines Ackerlandes. Denn wie man bei der Beurtheilung einer Wohnung aus einander hält, ob sie praktisch eingerichtet und gesund, mit guten Vorrathskammern u. dergl. versehen ist, und ob diese Vorrathskammern gefüllt sind oder nicht, so muss man auch bei der Beurtheilung der Fruchtbarkeit eines Bodens zwischen dem Nahrungsvorrath, der bei dem augenblicklichen Düngungszustande vorhanden ist, und dem Vermögen des Erdbodens, auf die rechte Weise die Düngung auszunutzen und für die Pflanze bewohnbar und gesund zu sein, unterscheiden.

Diese Betrachtung, welche namentlich durch Knop's Bestrebungen der Grundgedanke zu sein scheint sowohl in der neueren rationellen Bonitirung der Ackererde, als auch in den wissenschaftlichen Bestrebungen zur Lösung der Frage, was einen Boden fruchtbar mache,

---

[1]) Knop, Kreislauf des Stoffs, Berlin 1868, p. 500.

[2]) Knop, Bonitirung der Ackererde, Leipzig 1871, p. 57.

hat das ganze Gewicht auf das Absorptionsvermögen gelegt. Welche Bedeutung kann demselben nun bei der Beurtheilung der Fruchtbarkeit eines Waldbodens beigemessen werden?

Hier ist nun zuerst zu bemerken, dass nach dem eigenen Gedankengang des angeführten Verfassers die chemische Analyse hinsichtlich der Walderde an Bedeutung gewinnen muss. Es herrscht ja nämlich bei einem regelmässigen Forstbetrieb eine so vollständige Gleichförmigkeit in dem, was Jahr für Jahr dem Boden zugeführt wird, dass nur ausnahmsweise von einem zufälligen und wechselnden Düngungszustande die Rede sein kann; Nichts wird dem Waldboden zugeführt, was nicht von ihm herrührt, und was fortgeführt wird, ist verhältnissmässig sehr wenig.[1])

Da dies Absorptionsvermögen nach Allem, was darüber vorliegt, eine höchst bedeutungsvolle Seite der Eigenschaften der vegetationtragenden Erde ausmachen muss, wird es auch der Träger eines der wichtigsten Fruchtbarkeitsfaktoren der Walderde sein müssen, aber hier scheint es nicht allein von der ursprünglichen Beschaffenheit des Bodens, der mineralogischen und chemischen Natur seiner Theile, sondern zugleich von der Humusform abhängig zu sein. Wir haben gesehen, wie der Obergrund bald nur zum Theil, bald in seiner ganzen Mächtigkeit durch den Uebergang von Mull zu Torf verändert werden kann. Diese Umbildung des lockeren Obergrundes zu Bleisand und bisweilen zu sandsteinartigen Rotherdeschichten mit der stärksten Umlagerung der absorbirenden Elemente muss

---

[1]) In einer anonymen Anmeldung von Tuxen's Analysen von Haideland (Tidskr. f. Skovbr. Bd. I) werden in der Wochenschrift für Ackerbauer (1877, 5. Juli) einige Bemerkungen, mit denen ich diese Abhandlung begleitete, bekämpft. Es wird als unstatthaft hervorgehoben, über die Unfruchtbarkeit des Bleisandes im Vergleich mit der des Untergrundes aus den chemischen Analysen schliessen zu wollen, und Knop's Anweisung zur Bonitirung durch Untersuchungen über die Menge und Beschaffenheit der absorbirenden Feinerde wird als die einzig anwendbare bezeichnet. Der geehrte Anmelder scheint die Eigenthümlichkeiten der Bodenarten, von welchen die Rede war, nicht bedacht zu haben. Es sind geognostische Bildungen von ganz demselben Charakter, und so arm an Feinerde, dass dasjenige, was die angeführten Schwemmungsanalysen ergeben, kaum durch weitere Aufschlüsse in dieser Richtung ergänzt werden kann. Die obenstehenden Bemerkungen werden es noch mehr erklären, wesshalb gerade die angewandte Untersuchungsweise bei der angeführten Arbeit gewählt war, ebenso wie sie auch bei der vorliegenden angewandt worden ist.

vom durchgreifendsten Einfluss auf die genannte Eigenschaft sein, welcher so grosse Bedeutung für die Fruchtbarkeit der Ackererde beigelegt wird; es kann derselben desshalb im Waldbau schwerlich der gleiche Werth bei der Bonitirung, wie im Ackerbau, ausgenommen innerhalb der von jeder bestimmten Humusform gezogenen Grenzen, eingeräumt werden.

Endlich scheint es mir äusserst schwierig zu sein, das Absorptionsvermögen als Ausdruck für die Fruchtbarkeit eines Bodens festzuhalten, wenn das Quantum der absorbirenden Stoffe in den verschiedenen Theilen des Bodens so ausserordentlich verschieden ist. Wenn die Menge des eisenhaltigen Thons allmählich mit der Tiefe steigt, so muss auch das Absorptionsvermögen, das im Wesentlichen an diesen Stoff geknüpft ist, in entsprechender Weise wechseln, und es mag deshalb schwierig sein, die praktische Bonitirung allein auf das Absorptionsvermögen zu stützen. Dies gilt vielleicht vorzüglich von der Walderde, aber auch von der Ackererde, bei welcher, wenn auch wohl nicht so regelmässig, sich dieselben Verhältnisse geltend machen. Darauf stützen sich auch die neuesten Vorschläge zu einer Methode zur Bestimmung der Fruchtbarkeit des Bodens, der Profilmethode Orth's.[1])

Da — sagt er — die Menge des Kalks und eisenhaltigen Thons in den oberen Bodenschichten sehr stark reduzirt ist, diese Stoffe aber gewöhnlich in grösserer Menge in den übrigen Schichteu vorhanden sind, so muss die Fruchtbarkeit des Bodens wesentlich an den Grad und die Ausdehnung der Auswaschung und Ausschwemmung geknüpft sein; das geognostische Profil des Bodens muss den rechten Ausdruck für das Konstante in der Fruchtbarkeit des Bodens geben.[2]) Die umfassenden Untersuchungen, welche dieser Anschauung zur Stütze dienen, bestätigen auf das Vollständigste die Richtigkeit der Resultate über diese Verhältnisse, zu denen unsere Untersuchungsreihe geführt hat. Es springt in die Augen, dass sich im Erdreich so bedeutende Veränderungen der Bodenkruste vollzogen haben und „noch ferner vollziehen,“[3]) dass man bei der Beurtheilung der Fruchtbarkeit eines Bodens darauf Rücksicht nehmen muss, und dass wir

---

[1]) Geognostisch-agronomische Kartirung, Berlin 1875.

[2]) A. a. O. p. 14, 30. S. auch: Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Bodenkunde (Nobbe, Landw. Versuchsst. Bd. XX, 1877, p. 63).

[3]) A. a. O. (Landw. Versuchsst. p. 69).

erst durch die Untersuchung der Mischungstheile, der mineralogischen Zusammensetzung und physikalischen Verhältnisse der Schichten, soweit die Wurzeln der Vegetation in sie hinabdringen, die Mittel zur Beurtheilung der Fruchtbarkeit eines Kulturbodens erhalten. Unsere Beobachtungen liessen indessen vermuthen, dass, was sich im Erdreich „noch ferner vollzieht", je nach der Humusform, welche im Walde weit stärker wechselt als im Acker, verschieden sei; die Beschaffenheit der Humusschicht muss also dort eine weit grössere Rolle auch hinsichtlich der von Orth hervorgehobenen Faktoren der Fruchtbarkeit spielen.

Man könnte vielleicht diese Bemerkungen über Walderde und Ackererde folgendermassen zusammenfassen: Die Fruchtbarkeit wird in beiden zwar durch den Reichthum des Bodens an Pflanzennahrung bewirkt, wenn auch die für beide verschiedene Betriebsmethode veranlasst, dass diesem Moment bei der einen grössere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss, als bei der anderen. Für beide Bodenarten ist die Bedeutung dieses Faktors in hohem Grade durch die physikalische Beschaffenheit des Bodens, sowohl die von Schübler, als die von Knop und die von Orth besonders hervorgehobene, eingeschränkt. Da diese physikalische Beschaffenheit indessen im Walde in sehr fühlbarer Weise durch die Humusform beeinflusst wird, so muss dieser sowohl bei wissenschaftlichen Untersuchungen über die Verhältnisse der Waldbäume zum Boden, als auch bei praktischen Bonitirungsarbeiten eine durchaus hervorragende Bedeutung beigelegt werden. Meiner Ansicht nach ist es die durch die verschiedenen Methoden der Bodenbearbeitung beim Ackerbau und beim Waldbau bewirkte Nichtübereinstimmung, welche so tief in die Entwickelung ihrer theoretischen Grundlagen eingreift.

Anwendung.

Ueber Bodenuntersuchungen.

Die Bodenuntersuchung und die Beschreibung, welche die Arbeiten behufs der Betriebsregulirung der Wälder zu begleiten pflegen, und in der Regel die Grundlage des Kulturplans bilden, werden bei unserer jetzigen Kenntniss der Walderde einen ziemlich primitiven Standpunkt einnehmen müssen.

So wird in den besseren Gegenden des Landes die Charakteristik des Bodens fast in jeder Abtheilung nach der gewöhnlichen Untersuchung ein paar Spatenstiche tief, meistens folgendermassen lauten: Oberschicht von Mull auf einem Untergrunde von sandigem Lehm oder lehmigem Sand u. s. w. Dabei ist nun aber zu bemerken, dass die Farbe des Bodens kein ganz zuverlässiges Zeugniss von dem Mullreichthum zu sein scheint, dass das, was gewöhnlich als Untergrund bezeichnet wird, weil es die ockergelbe Farbe hat, keineswegs immer der Untergrund ist, und dass diese Bodenbeschreibung oft ganz belanglose Aufschlüsse giebt, da der Charakter der für die Kulturarbeiten und die Entwickelung der Pflanzen so bedeutungsvollen Humusdecke höchst verschieden sein kann auf Oertlichkeiten, welche nach der bisher befolgten Praxis dieselbe Beschreibung erhalten.

Unsere Analysen haben uns nämlich gezeigt, dass der Obergrund, selbst bei höchst verschiedener Färbung, dieselbe Menge organischer Stoffe enthalten kann, so dass ein scheinbar von Humusstoffen entblösster Boden eben so gut Mull genannt werden kann, wie die braunen, stärker dunkelgefärbten Schichten des Obergrundes, die gewöhnlich so bezeichnet werden. Der zum Mull gehörige Obergrund ist im Wesentlichsten an seiner vollkommen lockeren und innig gemischten Beschaffenheit zu erkennen, und dass er selbst auf ziemlich starkem Thonboden, wie in den lolländischen Waldungen, aus sandigem Lehm oder lehmigem Sand bestehen muss, sobald das Terrain sich etwas erhebt, ist eine natürliche Folge der überall stattfindenden Fortschwemmung des Thons von den höheren Stellen. Die Mächtigkeit des Obergrundes muss durch den Abstand von dem wirklichen schwarzgrauen, griesigen Mull bis zu dem festeren, ungleich gefärbten Untergrunde mit seiner helleren obersten Partie, wo diese vorkommt, angegeben werden. Der auf diese Weise bestimmte Obergrund hat gewöhnlich eine Mächtigkeit von 2 bis 4 Fuss, er kann jedoch bis auf $^1/_4$ Fuss oder weniger beschränkt, aber auch bedeutend mächtiger sein. Da die Feuchtigkeitsverhältnisse der Oberfläche in nicht geringem Grade von dem Abstande bis zum Untergrunde, also von der Mächtigkeit des lockeren Obergrundes beeinflusst wird, so muss dies Verhältniss einen nicht unwesentlichen Theil der Beschreibung ausmachen; der geringe Abstand macht in der Regel den Boden kalt, der sehr bedeutende macht ihn trocken.

Darauf ist die wirkliche, durch die genannten Merkmale be-

zeichnete Beschaffenheit des Untergrundes anzugeben; diese wird in der Regel eine weit bessere Richtschnur zur Beurtheilung der Bonität des Bodens sein, als der Obergrund mit seinen wechselnden Auswaschungsverhältnissen. Nur auf dem mageren Geschiebesand wird kaum eine sichtbare Grenze zwischen Ober- und Untergrund vorhanden sein, und die Bestimmung des Abstandes des letzteren von der Oberfläche wird deshalb hier nicht immer möglich sein.

Die Bestimmung der eigentlichen Erdkruste oder der Humusdecke dürfte sicher den wesentlichsten Theil der Beschreibung ausmachen, denn es hängt davon, mehr als von etwas Anderem, die Wahl der Baumart und die Kulturmethode ab. Der obersten Erdkruste können sowohl auf Lehm- wie auf Sandboden die humosen Ablagerungen entweder ganz fehlen, wenn Sonne und Wind die Laubdecke schnell haben verschwinden lassen und dadurch die Elemente, aus denen die Schicht sich bilden sollte, entfernt haben, oder die Humusform kann sich mehr oder weniger einem der oben beschriebenen Haupttypen nähern. Die Bestimmung dieses Typus und seine Bezeichnung entweder mittels einer Nomenklatur, ähnlich der hier vorgeschlagenen oder durch gewisse gut gewählte charakteristische Pflanzen der Bodenvegetation, scheint, ausser der Angabe des Abstandes zum wirklichen Untergrunde und der Beschaffenheit desselben, eine belehrendere Form für eine elementare Bodenbeschreibung zu sein, als die jetzt gebräuchliche.

Behufs der Bodenbeschreibungen bei feineren Untersuchungen, wie bei denen, die auf festen Versuchsflächen zur Anwendung kommen, wird man wohl, bei dem jetzigen Standpunkt unserer Kenntniss von der Natur der Walderde, nicht mit Vortheil viel weiter gehen können, als in Verbindung mit der Untersuchung der obengenannten Verhältnisse, eine Schwemmungsanalyse der Oberschicht und des Untergrundes auf drei bis vier Punkten des Areals vorzunehmen. Wählt man die Proben vom Obergrunde ungefähr 4 Zoll unter der Oberfläche, wo die dunklere Schicht aufhört, und die Proben vom Untergrunde einige Zoll unter der untersten Grenze der obersten helleren Schicht desselben, so erhält man bestimmt, ausser den Bestandtheilen des Untergrundes, zugleich den Grad der Ausschwemmung der Oberschicht und wahrscheinlich dadurch auch einen Wink über andere wichtige Verhältnisse, wie Absorptionsvermögen u. dergl., worüber man nur durch Aufwendung sehr bedeutender Arbeiten umfassenderen Aufschluss erreichen könnte. Schütze's Methode zur Be-

stimmung des Reichthums des Bodens an auflöslichen Salzen kann, wie aus Tuxen's nachstehender Arbeit hervorgeht, nur mit grossem Vorbehalt angewandt werden, und wenn man auf chemischem Wege einen Stoff im Boden bestimmen will, so muss dazu ohne Frage der Kalk gewählt werden.

Ueber die Bodenpflege im Walde.

Es ist eine allgemeine Erfahrung, die in allen Lehrbüchern wiederholt und von jedem Forstmann anerkannt wird, dass die Lockerheit und Frische der Erde durch solche Veranstaltungen, welche zur Bewahrung der Laubdecke auf dem Boden dienen können, erhalten werde. Unsere Beobachtungen dürften nun aber zeigen, dass diese Wirkung der Laubdecke nicht allein den Prozessen der leblosen Welt, rein chemischen und physikalischen Agentien, sondern zum nicht geringen Theil dem organischen Leben, welches ein frischer und wohlbeschatteter Waldboden beherbergt, zu danken sei; die Arbeit des Forstmanns zum Schutz des Bodens scheint in wesentlichem Grad eine Arbeit zu Gunsten einer zahlreichen und bunten Schar von Wesen zu sein, welche im Verborgenen für seinen Vortheil arbeiten. Durch diese Erklärung wird es verständlich, dass es magere und trockene, mit Buchenwald bewachsene Ländereien giebt, auf denen der Boden trotz der Anwendung aller denkbaren Vorsicht und trotz vollständigen Schutzes mit Torf bekleidet ist; es sind dies solche Oertlichkeiten, welche selbst bei der besten Behandlung des Buchenwaldes nicht im Stande gewesen sind, die für die Entwickelung der Organismen des Buchenmulls passenden Bedingungen zu liefern.

Wenn man aber diese Stellen ausnimmt, so wird der Forstmann es in der Regel in seiner Gewalt haben, die Entwickelung des guten Mulls zu fördern und das Thierleben, das zu seiner Bildung so mächtig beiträgt, zu beschützen. Er vermag dies, indem er stets den Boden beschattet hält, indem er für Deckung an den äusseren Rändern sorgt, und indem er während der Verjüngung nicht den Wald zu stark und auf zu grossen Strecken auf einmal entblösst. Wenn man die Sache richtig betrachtet, geschieht nämlich durch die Stellung der bei uns gewöhnlich angewendeten lichten Besamungsschläge eine ausserordentlich umfassende Störung in der Beschaffenheit einer Lokalität. Der beschattete, frische, gegen Wind und

Nachtfrost geschützte Boden wird plötzlich allen solchen Einflüssen, die bisher gerade sorgfältig ferngehalten wurden, geöffnet. Kommt dazu noch eine Abdachung gegen Süden oder Osten, wo die brennende Sonne oder der austrocknende Wind mit voller Kraft wirken kann, oder wird der Boden dem Westwinde ausgesetzt, welcher das Laub, das bis jetzt das Thierleben der Erde beschirmte, fortweht, so wird der Uebergang noch schroffer. Jeder Naturkundige, welcher mit der innigen Verbindung vertraut ist, die zwischen den physikalischen Eigenthümlichkeiten einer Lokalität und den darin lebenden Thieren und Pflanzen stattfindet, wird sofort zugeben, dass durch die Stellung eines Besamungsschlages eine veränderte Situation, welche die Einwanderung neuer Formen und ihren Sieg über die bisher herrschenden begünstigt, hervorgebracht ist. Ein offener Besamungsschlag ist eine von einem geschlossenen Buchenwalde durchaus verschiedene zoologische und botanische Lokalität, und ist es ausgemacht, dass die Humusform in fühlbarem Grade von der eigenthümlichen Thier- und Pflanzenwelt des Orts beeinflusst wird, so muss auch eine Veränderung in der Richtung, welche die Humusbildung nimmt, vor sich gehen. Von welcher Art die Veränderung sein und eine wie grosse Rolle sie in der Oekonomie des Waldbetriebs spielen wird, das wird wesentlich von der neuen Bevölkerung, welche die Lokalität beherbergen wird, abhängen. Wie mit dem Besamungsschlage, so wird es auch mit vielfachen anderen Betriebsveranstaltungen ähnlicher Art gehen; eine übertriebene Durchforstung, ein unvorsichtiges Blosslegen der beschützenden Aussenränder, eine planlose Plänterwirthschaft u. dergl. wird dieselben Veränderungen im organischen Leben, das sich auf dem Waldboden regt, herbeiführen können und wird, so wie wir es auch wirklich in der Natur finden, dieselben Erscheinungen hervorrufen. Indem wir auf diese Verhältnisse aufmerksam machen, wollen wir sicherlich keine neue Anweisung geben; denn so lange der Waldbau Gegenstand einsichtsvoller Behandlung gewesen ist, hat man gewusst, welchen Gefahren man sich durch plötzliche Veränderungen in den Beschattungsverhältnissen und dem Schutz des Bodens aussetzte. Aber wir glauben, dass unsere Beobachtungen zur Erklärung der Anwendung der alten wohlbekannten Anweisungen und zur Einschärfung ihrer Bedeutung dienen können.

Man darf aber nicht vergessen, dass der Buchenwald selbst an der Torfbildung den wesentlichsten Antheil hat, so dass er von allen Waldarten, mit denen wir bei uns zu thun haben, die grösste Vor-

sicht erfordert, was gleichfalls aufs Vollständigste von der Praxis bestätigt wird. Da das oberflächliche und dichte Wurzelnetz ein wesentlich mitwirkender Faktor zur Bildung des Torfes ist, so wird man an den Stellen, wo dieser sich zu entwickeln begonnen hat, falls die Haidekrautvegetation nicht zu drohend ist, besser für den Boden sorgen, indem man die übrig gebliebenen Bäume opfert und eine künstliche Verjüngung eintreten lässt; das weitere Bestehen der Mutterbäume wird unzweifelhaft Jahr für Jahr das Uebel vergrössern. Dies werden wir auch durchaus durch die Erfahrung bestätigt sehen, und die meisten Revierverwalter in Nordseeland und im mittleren Jütland werden dies sicher mit vielfachen eigenen Wahrnehmungen übereinstimmend finden.

Wenn sich aber der Torf entwickelt hat und der fortgesetzten Waldkultur ernstliche Hindernisse zu bereiten droht, so scheint der Unterschied zwischen Mull und Torf uns eine Anweisung zur Hebung des dadurch hervorgerufenen Uebels zu geben. Der Mull ist locker, die organischen Reste sind mit der mineralischen Erde wohl vermischt und ihre Zersetzungsprodukte werden vermöge genügenden Zutritts des Sauerstoffs der Luft hauptsächlich in neutralen Formen gefunden. Durch Bearbeitung und Auslüftung, so wie sie mit Erfolg auf dem verwandten Haidetorf vorgenommen werden, wird man den ungünstigen Bodenverhältnissen, die mit dem Buchentorf verbunden sind, nämlich der Festigkeit, der mangelhaften Mischung und dem ungenügenden Zutritt des Sauerstoffs der Luft, wodurch die Säure der Kruste und die Bleisandbildung hervorgerufen sind, in hohem Grade abhelfen können. Auch dieser Schluss scheint mit der neueren Praxis im Waldbau, bei welcher die Bearbeitung der Verjüngungsareale immer häufiger wird, wohl übereinzustimmen. Selbstverständlich wird die Anwendung von Alkali, wie gebranntem Kalk oder Holzasche, die Zersetzung des Torfes befördern können, und wenn man zur Beschaffung dieser Stoffe Gelegenheit hat, so muss dies für sehr nützlich angesehen werden. Leider wird bei grösseren Waldbetrieben die Anwendung solcher Mittel nur ausnahmsweise zu Gebote stehen.

Ueber die Wahl der Baumart.

Das Hauptresultat unserer Studien muss sich auf die Wahl der Bäume beziehen, und dieselben geben uns, wenn ich nicht irre, eine ganz bestimmte Anleitung dazu.

Ist der Boden mit Torf bedeckt, so können die Verhältnisse, welche diese Humusform hervorgerufen haben, eine unveränderliche Eigenschaft des Bodens und der Oertlichkeit sein, wie dies gewiss von vielen Stellen in Jütland und von einzelnen Partien der nordseeländischen Staatswälder gelten muss, wo der Boden so trocken ist, dass sich das organische Leben, welches die Mullbildung fördern sollte, schwerlich entwickeln kann. Allein die Torfbildung kann auch das Resultat einer unrichtigen und unkundigen Behandlung sein.

Im ersten Fall würde man wohl durch eine gründliche Bodenbearbeitung solche Verhältnisse zu schaffen vermögen, dass die Buche fortkommen könnte; aber man wird aus dem Vorstehenden abnehmen können, dass es im höchsten Grade wahrscheinlich wäre, dass die nächste Buchenverjüngung wiederum eine entwickelte Torfdecke finden würde, wie die jetzige. Die Bodenverbesserung würde also nur einen durchaus vorübergehenden Werth haben, und man wird daher an solchen Stellen gewiss am liebsten die Buche aufgeben und das Terrain Baumarten überlassen müssen, welche keinen Torf hervorbringen oder wenigstens nicht so wie die Buche durch die ungünstigen Eigenschaften der Torfdecke in ihrer Entwickelung gehemmt werden können.

Wenn es die Eigenthümlichkeiten des Orts dagegen vermuthen lassen, dass die Torfbildung hauptsächlich unter der Einwirkung schlechter Behandlung oder ungünstiger Verhältnisse entwickelt ist, worüber in der Regel das Aussehen des Waldes dem erfahrenen Forstmann Aufschluss geben wird, so wird der Einführung der Buche dort kaum etwas im Wege stehen. Nach der gewöhnlichen Praxis wird man auf solchem Boden die Buchenverjüngung meistens durch Säen in Furchen und Quadraten vornehmen; man wird den Boden nicht ausserhalb dieser Stellen bearbeiten, und die als Schirm behaltenen Mutterbäume werden also die Torfdecke zwischen den bearbeiteten Plätzen bewahren. Dies Verfahren scheint allerdings nicht ausreichend zu sein; die jungen Pflanzen werden bald unter dem ungünstigen Zustand des Bodens leiden, und nur allzu häufig haben solche Kulturen ein höchst dürftiges Aussehen. Untersucht man die jungen Buchenpflanzen solcher Saatstellen, so zeigt es sich, dass sie schon in einem Alter von 3 bis 4 Jahren von dem dichtesten Netz des von dem umgebenden Torf ausgehenden Myceliums umsponnen sind. Es scheint mir deshalb, dass das sicherste Verfahren, um ein solches Areal wieder in Buchenkultur zu bringen, die völlige Lichtung

des alten Waldes sein wird, worauf das Areal aufzubrechen und ein Jahr lang zu lüften ist, um dann eine nicht torfbildende Baumart, welche zur Vorkultur für die Buche dienen kann, wie z. B. Lärche oder Kiefer, dort anzubringen; wenn diese Bäume alt genug geworden sind, kann man dann zur Buche übergehen. Nur da, wo die Torfbildung sehr schwach ist und den Boden auf kleineren Flecken bedeckt, dürfte es wohl richtig sein, gleich wie auf den übrigen Theilen des Areals mit der Kultur der Buche zu beginnen; aber auch diese Stellen scheinen einer gründlicheren Bearbeitung, als man sie gewöhnlich vornimmt, nicht entbehren zu können, und jedenfalls wird die Mischung der Buche mit Baumarten, welche tiefer gehende Wurzeln haben, wie Lärche und Kiefer, zweckmässig sein.

Endlich wird man an einigen Stellen in unseren Waldländereien der ungünstigsten Art, wie auf den seeländischen Flugsandstrecken, in den älteren jütischen Haidepflanzungen, auf früher der Kultur unterzogenen, sehr trockenen Sandhügeln und ähnlichen Orten, Buchenanpflanzungen in vorzüglichem Wachsthum sehen können, nachdem der Boden erst durch eine Nadelholzkultur vorbereitet war. Diese Buchenpflanzungen in dem losen, nackten Sande überraschen oft durch ihren guten Wuchs und geniessen in der Regel die besondere Beachtung des leitenden Forstmannes, gerade weil ihm das Resultat so aussergewöhnlich vorkommt. Es scheint indessen, als ob diese Sorgfalt, wie natürlich sie auch sein und wie berechtigt man sie auch nennen möge, nicht recht angebracht sei. Solche Buchenbestände werden gewiss, wenigstens an höherliegenden, trockenen Stellen, mit Torfbildungen enden, und wie oben erwähnt, zeigt auch eine sorgfältige Untersuchung des Bodens schon den Anfang davon in einer erstaunlichen Entwickelung des schwarzbraunen Pilzmyceliums. Solche Areale können auf die Dauer nur mittels nicht torfbildender Baumarten in Kultur erhalten werden.

Einige chemische Untersuchungen des Bodens in Buchenwäldern.

von

C. F. A. Tuxen.

Die hierdurch mitgetheilte Reihe analytischer Arbeiten über Walderde ist auf Veranlassung Dr. Müllers als Beitrag zu seinen Untersuchungen über „Die Humusformen in Buchenwäldern auf Sand und Lehm“ vorgenommen worden. Es sind desshalb auch diese Untersuchungen für die Wahl der Gegenstände, mit denen sich meine Arbeit beschäftigt hat, sowie für die Anzahl und die Beschaffenheit der Analysen, welche in der mir zu Gebote stehenden Zeit ausgeführt werden konnten, bestimmend gewesen. Die untersuchten Erdproben sind von Dr. Müller ausgehoben und die beigefügte Beschreibung der verschiedenen Profile ist nach seinen Angaben mitgetheilt worden. Die Nummern der Profile sind dieselben, wie die in seiner obengenannten Abhandlung angeführten, in welcher zugleich die Erklärung von mehreren der für die Erdschichten angewandten Bezeichnungen zu suchen ist, und auf die überhaupt für das volle Verständniss der Arbeit hingewiesen werden muss.

Ueber die Humuskörper.

Die Menge der Humussäuren in verschiedenen Erdschichten.

Da es sich gezeigt hatte, dass alle die von Dr. Müller im frischen Zustande untersuchten mullfarbigen Erdschichten in Buchenwäldern im Stande waren, das Lackmuspapier roth zu färben, so war zu entscheiden, in welchem Boden diese Reaktion allein der

Kohlensäure zuzuschreiben war, und wo sie zugleich möglicherweise durch freie, in Wasser auflösliche Humussäure veranlasst sein konnte.

Aus diesem Anlass wurden alle die gesammelten Erdsorten in frischem Zustande theils mit Lackmuspapier, theils mit Lackmuswasser geprüft; darauf ward das Lackmuspapier getrocknet und das Lackmuswasser gekocht, um die Kohlensäure zu entfernen. In beiden Fällen gab der eigentliche Mull keine rothe Färbung, wogegen sowohl der Torf, als auch die Rotherde- und Ortsteinbildungen, bisweilen zugleich der Bleisand, eine oft sogar recht starke Säurenreaktion ergab.

Da dieser klar ausgeprägte Unterschied in der chemischen Beschaffenheit der beiden Humusformen zu einer näheren Untersuchung der wesentlichsten Beschaffenheit der in ihnen enthaltenen Humusstoffe aufforderte, wurde eine orientirende qualitative Analyse der Humusstoffe einer grösseren Reihe von Walderdproben vorgenommen, und zum Vergleich wurde die Reaktion einiger Ackererde- und einer Gartenerdeprobe, welche dem Terrain der landwirthschaftlichen Hochschule bei Kopenhagen entnommen waren, untersucht.

Es zeigte sich dabei, dass sich nur im Torf und in den darunter liegenden Erdschichten Humussäuren, namentlich Huminsäure und Quellsatzsäure nachweisen liess, und zwar in einem wässerigen Auszuge, welcher bisweilen verhältnissmässig bedeutende Mengen dieser Stoffe enthielt. Wurden die Erdproben ferner mit einer verdünnten Auflösung von kohlensaurem Natron erwärmt, so ergab sich nach der Filtrirung der Flüssigkeit und Fällung mittelst Säure ein sehr reichlicher Bodensatz von Huminsäure im Extrakt des Torfs, ein recht namhafter Bodensatz im Extrakt aus dem Mull und ein nicht geringer Bodensatz im Extrakt aus dem Erdreich des Ackerfeldes und des Gartens.

Es wurde darauf eine annähernd quantitative Bestimmung der Humusstoffe, sowie der in Wasser und der in einer verdünnten Lösung von kohlensaurem Natron löslichen Humussäuren versucht.

Zur Bestimmung der Humusstoffe wurden die Erdproben an der Luft getrocknet, darauf bei 100° getrocknet und geglüht. Der Glühverlust ist auf der nachstehenden Liste als Humussubstanzen und chemisch gebundenes Wasser angeführt, welches letztere jedoch nur bei den unter 15 und 16 angeführten Proben von lehmiger Erde wirkliche Bedeutung erreichen kann.

Die quantitative Bestimmung des freien Alkali und der freien Humussäure, welche den verschiedenen Erdarten ihre Reaktion verleihen, war folgende: 25 Gramm Erde standen 24 Stunden in 100 cc destillirtem Wasser, mit etwas Lackmus gefärbt, in einer zugekorkten Flasche, die öfters geschüttelt wurde. Darauf wurde ein Theil der klaren Auflösung durch einen ausgewaschenen und getrockneten Filter filtrirt, und 50 cc dieser Flüssigkeit wurden auf 100 ⁰ erwärmt, um die freie Kohlensäure verdampfen zu lassen. Danach wurde das verdampfte Wasser ersetzt und die Flüssigkeit jetzt mit einer schwachen Natronauflösung von bestimmter Stärke neutralisirt. Die Menge freier Säure ist als Huminsäure berechnet, da diese in einem grossen Quantum vorkommt, und bei den humusreichen Proben schwach gefärbte wässerige Auflösungen bildet. Es kann jedoch nicht mit Bestimmtheit gesagt werden, dass die saure Reaktion der Bodenschichten allein durch diese Huminsäuren hervorgerufen wird; es können auch andere verwandte organische Oxydationsprodukte mit dabei im Spiele sein; aber da die Aufgabe nur darin bestand, „freie Säure" zu bestimmen, so kann es keinen wesentlichen Fehler ausmachen, wenn man die Formel der Huminsäure bei der Berechnung anwendet. Die Untersuchung wurde an der frischen, nicht an der Luft getrockneten Erde angestellt, damit die auflösliche Säure nicht durch Trocknen in eine unauflösliche Form übergehen sollte. Die Wassermenge ist an einem anderen Theil der Probe bestimmt. Die Buchenmullproben reagirten neutral; die schwache rothe Farbe, die auch diese der Auflösung mittheilten, verlor sich sogleich beim Kochen und muss daher der Kohlensäure zugeschrieben werden. Die alkalisch reagirenden Acker- und Gartenerdeproben wurden durch Neutralisirung mit Oxalsäure von bekannter Stärke bestimmt und als Ammon $(NH^4)_2O$ berechnet.

Wir theilen nebenstehend das Resultat dieser quantitativen Bestimmungen mit:

Art der Erdproben.	In 100 Theilen an der Luft getrockneter Erde befanden sich:			In 100 Theilen frischer Erde befanden sich:		
	Wasser, das bei 100° verdampft	Humus und chemisch gebundenes Wasser	Ausglühungsrest	Freies Alkali, löslich in kaltem Wasser	Freie Humussäure, löslich in kaltem Wasser	Humussäure, löslich mit kohlensaurem Natron
Gartenerde.						
1. Garten der landwirthsch. Hochschule, stark gedüngt	3,81	9,29	86,90	0,0085	—	nicht bestimmt
Ackererde.						
2. Versuchsfeld der landwirthsch. Hochschule, gedüngt	3,02	5,11	91,87	0,0060	—	nicht bestimmt
3. Versuchsfeld der landwirthsch. Hochschule, seit 14 Jahren nicht gedüngt	3,43	3,38	93,19	0,0026	—	nicht bestimmt
Buchenmull.						
4. Egebäksvang	1,91	5,10	92,99	neutral	neutral	nicht bestimmt
5. Frederiksdals Skov	2,49	5,43	92,08	neutral	neutral	nicht bestimmt
6. Frederiksdals Park	3,62	7,24	89,14	neutral	neutral	nicht bestimmt
7. Store Hareskov, Pf. I	2,08	8,33	89,59	neutral	neutral	0,5
Buchentorf.						
8. Store Hareskov, Pf. IV	5,95	34,70	59,35	—	0,049	8,4
9. Teglstrup Hegn, Pf. VII	9,38	38,88	51,74	—	0,077	9,3
10. Store Hareskov, Pf. VI	8,16	44,08	47,76	—	0,112	nicht bestimmt
11. Alter Buchentorf, seit einer längeren Reihe von Jahren mit *Aira flexuosa* bewachsen, Gribskov	9,65	48,51	41,84	—	0,287	nicht bestimmt
12. Alter Buchentorf, seit einer längeren Reihe von Jahren reich mit Haidekraut, Heidelbeeren u. s. w. bewachsen, Lavenskov	9,45	45,55	45,00	—	0,121	nicht bestimmt
Haidetorf.						
13. Mit kurzem Haidekraut bewachsen, Lövstrup Plantage	7,50	41,50	51,00	—	0,040	nicht bestimmt
Mullartiger Buchentorf.						
14. Teglstrup Hegn, Pf. VIII	14,00	62,50	23,50	—	0,193	nicht bestimmt
Bleisand.						
15. Weisslicher Lehm zwischen Torf und Rotherde, Store Hareskov, Pf. VI	0,77	2,24	96,99	—	Spuren	nicht bestimmt
Rotherde.						
16. Lehmige Rotherde, Store Hareskov, Pf. VI	1,11	3,13	95,76	—	0,013	nicht bestimmt
17. Rotherde aus Haideland, Lövstrup Plantage	2,45	6,55	91,00	—	0,034	nicht bestimmt

Endlich wurden einige Untersuchungen über die Humusstoffe in einer dem Ortstein zunächst entsprechenden Schicht aus dem Lavenskov bei Silkeborg (Prof. IX) angestellt. Hochliegendes Plateau mit schwacher Böschung, 4 Zoll sehr zähen Torfs, 3 bis 4 Zoll weisslichen, sehr feinen glimmerhaltigen Sandes; darunter plastischer, gelber, glimmerhaltiger Thon, dessen oberste Partie in Klumpen zerrissen, die mit kaffeebraunem Pulver überzogen waren. Die oberste Schicht dieser Klumpen wurde abgeschabt und einer theilweisen Analyse unterworfen, welche folgendes Resultat ergab:

Humuskörper	3,97	Procent
Humussäuren	11,36	„
Hygroskopisches Wasser .	5,29	„
Asche	79,38	„
	100,00	Procent

Man sieht erstlich daraus den grossen Unterschied zwischen dem Gehalt des Mulls und des Torfs an organischen Stoffen. Dann aber geht aus den mitgetheilten Zahlen auch hervor, wie gross der Unterschied ist zwischen der Humusbildung im Mull und im Torf in den Buchenwäldern. Während nämlich im Torf ca. $^1/_4$ der ganzen Menge organischer Substanz aus Humussäure besteht, macht dieser Stoff im Mull nur ca. $^1/_{16}$ aus. Der Unterschied wird aber noch weit grösser, wenn man bedenkt, dass die organischen Reste des Mulls grösstentheils vollständig zersetzt sind, wogegen der Torf eine sehr grosse Menge Wurzelfasern, Blätterstückchen u. dergl. enthält. Es ist desshalb wahrscheinlich, dass der überwiegende Theil der eigentlichen Humusstoffe im Torf Säuren, im Mull neutrale Oxydationsprodukte sind. In einigen oben nicht mit aufgenommenen Bestimmungen der Humussäuren in der Rotherde, namentlich beim Profil VIII im Strandskov, zeigte es sich, dass die Hälfte bis drei Viertel der organischen Stoffe aus Säuren bestand, ja in der Rotherde aus der als Profil XI unten besprochenen Lokalität (Flugsand in der Odsharde) bestand sogar fast die ganze Menge organischen Stoffes, welche sie enthielt, aus Humussäuren. Der Theil der Humussäuren, welcher mit kaltem Wasser ausgezogen werden kann, ist dagegen sehr gering, und es liegt in der Natur der Sache, dass es nur kleine Quantitäten davon sein können, die sich zu einem gegebenen Zeitpunkt im Torf befinden, namentlich wenn längere Perioden feuchter Witterung vorausgegangen sind, wie im vorigen Herbst, als die Proben ausgehoben wurden.

Das Bindemittel in den festen Erdschichten.

Die Rotherde zeigt oft eine so grosse Härte, dass sie den Charakter einer sandsteinartigen Bildung annimmt, welche wahrem Sandstein täuschend ähnlich ist und gewöhnlich so genannt wird. Da indessen Ursache zum Zweifel vorhanden war, ob wirklich in allen Fällen hier ein Eisenoxydaggregat vorläge, so wurde es versucht, das Bindemittel der sandigen und kiesigen Bestandtheilen der Schicht zu bestimmen. Die harten Klumpen der Rotherde von den Profilen V und VIII wurden in verschiedene Auflösungsmittel, nämlich kaltes, destillirtes Wasser, Wasser mit etwas Salzsäure und Wasser mit etwas Ammoniak gelegt. Die in das reine Wasser gelegten Proben behielten selbst beim Kochen unverändert ihre Beschaffenheit. Das Ammoniakwasser liess augenblicklich die harten Klumpen in fast reinen Sand in einer stark braungefärbten Flüssigkeit zerfallen. In dem säurehaltigen Wasser zerfielen die Erdproben auch recht schnell, allein ohne die Flüssigkeit zu färben. Aus dem Ammoniakwasser konnte mittels Säure Huminsäure ausgefällt werden, und die Menge des Bodensatzes stand im Verhältniss zur braunen Farbe der Erdprobe.

Es scheint demnach, dass das Bindemittel zunächst für Humussäuren und humussaure Salze gehalten werden muss; wäre es wesentlich Eisenoxydhydrat gewesen, so würde es im Ammoniakwasser nicht zerfallen sein.

Dass es jedenfalls die Humusstoffe sind, welche der Rotherde ihre Farbe geben, geht deutlich aus den Untersuchungen am Profil V hervor. Die ca. 16 Zoll mächtige, sandsteinartige Rotherdenschicht hatte im Allgemeinen eine schmutzig braungelbe Farbe; aber mehrere Partien, welche wie Adern und Zapfen durch die Schicht zogen,[1] waren dunkelbraun. In diesen verschieden gefärbten Theilen ward die Humusmenge (Glühverlust) und das Eisenoxyd bestimmt, wobei sich ein Gehalt ergab in

der hellbraunen Rotherde von	0,46	Procent	Eisenoxyd
	2,20	„	Humussäure,
der dunkelbraunen „ „	0,47	„	Eisenoxyd
	4,40	„	Humussäure.

Bisweilen zeigt auch der Bleisand eine sandsteinartige Festigkeit,

[1]) Vergl. Fig. 2, p. 25.

wie namentlich im Profil IX im Lavenskov und im Profil VIII im Strandskov. Durch eine ganz ähnliche Untersuchung stellte es sich als wahrscheinlich heraus, dass auch in dieser Schicht das Bindemittel aus Humussäuren oder humussauren Salzen bestand.

Dagegen zeigte es sich, dass die Klumpen der unter dem Mull in der obersten Partie des Untergrundes häufig vorkommenden sehr festen, weisslichen Erdschicht von ammoniakhaltigem und säurehaltigem Wasser vollständig unbeeinflusst blieben, wogegen die Klumpen beim Kochen mit destillirtem Wasser langsam zerfielen und eine lehmhaltige Flüssigkeit bildeten. Das Bindemittel kann also hier weder aus kohlensaurem Kalk noch Humussäuren oder humussauren Verbindungen bestehen, sondern dasselbe wird wahrscheinlich von zusammenkittenden Lehmpartikeln vertreten.

Dr. Schütze's Bonitirungsmethode.

Dr. Schütze theilt ein Verfahren mit, um durch ein einfaches, auch vom Praktiker anwendbares Mittel den Gehalt eines humosen Bodens an auflöslichen Salzen, an Pflanzennahrungsstoffen zu beurtheilen.[1]) Wenn man — sagt er — eine Erdprobe in Ammoniakwasser oder verdünnte Natronlauge legt, die Mischung schüttelt und dieselbe niederschlagen lässt, so wird die über dem Bodensatz stehende Flüssigkeit um so reiner sein, als die Erde reicher an Salzen, um so dunkler, als sie magerer ist. Die Farbe der ammoniakalischen Lösung soll von der Menge der Humussäure unabhängig sein. Die Ursache dieses Verhältnisses soll darauf beruhen, dass die Humussäuren, welche an und für sich in Alkalien leicht auflöslich sind, durch das Vorhandensein löslicher Salze unauflöslich werden.

Die vorstehenden Untersuchungen über die Humusstoffe des Mullbodens gaben mir Gelegenheit, die Anwendbarkeit dieser äusserst einfachen Methode zu versuchen.

Proben der oben untersuchten humushaltigen Erdarten wurden in Wasser, das etwas Ammoniak enthielt, hingestellt und im Uebrigen auf die von Schütze beschriebene Weise behandelt. Es zeigte sich hierbei, dass die Proben 1—3 von Garten- und Ackererde eine

---

[1]) W. Schütze, Beziehung zwischen chemischer Zusammensetzung und Ertragsfähigkeit des Waldbodens. (Danckelmann, Zeitschr. für Forst- u. Jagdw. Berlin, I. Bd., 1869, p. 523. III. Bd. 1871 p. 376.)

gelblich graue lehmige Flüssigkeit, die Buchenmullproben 4—7 eine intensiv kaffeebraune, und die Torfproben eine fast schwarze Auflösung gaben. Man wird daraus ersehen, dass die Farbe sich nach der Humusform richtet, und bezüglich der Proben aus dem Store Hareskov haben wir direkten Aufschluss über das Verhältniss zwischen Farbe und Gehalt an Phosphorsäure, Kali und Kalk, also den Stoffen, deren Salze Schütze namentlich als solche angiebt, welche die Auflösung der Humussäuren in einer alkalihaltigen Flüssigkeit verhindern werden. Der Torf vom Store Hareskov enthielt nämlich (Pf. IV) 0,060 Procent Phosphorsäure, 0,226 Procent Kalk und 0,059 Procent Kali; er gab eine fast schwarzgefärbte Flüssigkeit. Der Mull von demselben Walde (Prof. I) enthielt dagegen nur 0,037 Procent Phosphorsäure, 0,049 Procent Kalk und 0,037 Procent Kali, und gab eine weit heller gefärbte, kaffeebraune Auflösung. Das Verhältniss war also das umgekehrte von dem, was es nach Schütze's Angabe hätte sein sollen.

Es ist nicht unsere Absicht dadurch alle Anwendbarkeit der durch ihre grosse Einfachheit hübschen Methode zu bestreiten, sondern wir wollen nur hervorheben, dass sie schwerlich, wie Schütze meint, von dem Verhältniss zwischen der Quantität der vorhandenen Humussäuren und dem Gehalt an löslichen Salzen unabhängig ist, und dass sie sich daher nur für humose Ablagerungen derselben Beschaffenheit, namentlich für den eigentlichen Mull benutzen lässt.

Die Gemengtheile der Erdarten und ihre in Salzsäure löslichen Stoffe.

Die untersuchten Erdproben wurden, nachdem sie an der Luft getrocknet waren, durch ein Metallnetz mit Maschen von 2 mm Weite gesiebt; was nicht hindurchging, ist in den nachstehenden Tabellen als Stein bezeichnet. An der so behandelten, steinfreien Erdprobe ist der übrige Theil der mechanischen, sowie die chemische Analyse angestellt worden.

Weil die Aufgabe darin bestand, die auflöslichen Stoffe in den Erdproben zu bestimmen und darin auch das, was sich an die Humusstoffe gebunden befindet, miteingerechnet werden muss, so war es nothwendig, dieselben überall, wo sie in grösserer Menge vorhanden waren, fortzuschaffen. Die humusreichen Erdarten wurden desshalb vor ihrer Behandlung mit Salzsäure in einem Muffelofen

erhitzt, aber nur so weit, als es gerade zu einer Verkohlung von Nöthen war. Die humusarmen Proben wurden dagegen nicht dieser Behandlung unterworfen, sondern die Salzsäure direkt auf die an der Uuft getrocknete, steinfreie Erde angewendet.

Die Behandlung mit Salzsäure wurde in den Hauptzügen folgendermassen vorgenommen: Es wurden 100 Gramm Erde mit 500 cc Salzsäure, im specifischen Gewicht von 1,10, bis zum Kochen erwärmt. Die Stärke der Salzsäure wurde bei jenem Gewicht gewählt, damit sie nicht zu sehr zersetzend auf die zersetzbaren Silikate wirken sollte. Nach der Erwärmung, die zur Auflösung des Eisenoxyds nöthig war und eine Stunde hindurch fortgesetzt wurde, hinterliessen alle Erdproben einen graulichen oder weisslichen Rest von Sand und Lehm, welcher bei späterer Behandlung mit konzentrierter Salzsäure kein Eisenoxyd mehr abgab. Während des Siedens ward die verdampfte Salzsäure ersetzt. Die also hergestellte Auflösung wurde nach ihrer Abkühlung mit Wasser verdünnt, filtrirt, und der unaufgelöste Rest sorgfältig ausgewaschen. Die Auflösung ward darauf, unter Zusetzung von etwas Salpetersäure, um die in der Auflösung vorkommenden organischen Stoffe zu zersetzen, bis zur Trockenheit verdampft. Der danach verbliebene Rest wurde mit starker Salzsäure befeuchtet, mit Wasser ausgezogen und filtrirt, worauf der sich ergebende unauflösliche Rückstand getrocknet, ausgeglüht und gewogen wurde; er ist in den nachstehenden Tabellen als auflösliche Kieselsäure aufgeführt. Darauf ward die Auflösung zu 200 cc verdünnt und darin wurden in den meisten Erdproben Phosphorsäure, Schwefelsäure, Eisenoxyd, Thonerde, Kalk, Magnesia, Kali und Natron, sowie die vorhandene geringe Menge auflöslicher Kieselsäure bestimmt.

An dem nach der Behandlung mit Salzsäure übrig gebliebenen Theil der Erdprobe wurde die weitere mechanische Analyse mittels Sieben durch Netze von verschiedener Feinheit ausgeführt. Der Theil der Erde, welcher nicht durch das Sieb mit Maschen von 1 mm Weite ging, ist als Kies, und was nicht durch Maschen von $^1/_3$ mm Weite ging, ist als grober Sand angegeben; von dem Rest wurde der Thon abgeschwemmt und das Uebriggebliebene gewogen und als feiner Sand bezeichnet. Der Thon ist also als Gewichtsverlust nach der Schwemmung durch Subtraktion der Menge aller der bestimmten Stoffe von dem gegebenen Quantum Erde bestimmt worden.

Die Humuskörper und der Stickstoff sind durch die Elementaranalyse bestimmt; die Summe dieser beiden Stoffe und des hygroskopischen Wassers gab durch Subtraktion von dem Glühverluste das chemisch gebundene Wasser. Die Feuchtigkeit endlich, welche durch die Erwärmung der an der Luft getrockneten Erdproben auf 100° fortgeht, ist als hygroskopisches Wasser angegeben worden.

Die Menge des feinen Sandes, des Thons, der Humusstoffe, des Stickstoffs, des hygroskopischen und chemisch gebundenen Wassers entspricht der Feinerde Knop's.

Der Sand ist bei einer Anzahl der Proben einer mineralogischen Untersuchung unterworfen worden, und das Resultat war für alle die untersuchten Erdarten der Hauptsache nach dasselbe, indem die Hauptmasse aus Quarzsand, mit Granitpartikeln, Feldspath, Glimmer und Titan- oder Magneteisensand untermischt, bestand.

Da der Hauptzweck der Analysen darin bestand, zu untersuchen, wie die Menge der in verdünnter Säure auflöslichen Stoffe sich in den verschiedenen Schichten des Erdreichs verhielte, so musste man darauf bedacht sein, ein Auflösungsmittel anzuwenden, welches mit gleicher Stärke auf alle Erdarten wirkte. Dies kann aber freilich nicht in vollem Masse von dem hier benutzten gelten, obgleich die angewandte Methode durch ihre ausgebreitete Verwendung bei Untersuchungen ähnlicher Art verbürgt ist. Es ist nämlich möglich, dass die Erdproben, die vor dem Aussieden mit Salzsäure nicht verkohlt sind, und dennoch ein wenig organischen Stoffs enthalten, noch kleine Partien auflöslicher unorganischer, an Humustheile und dergl. gebundene Verbindungen zurückbehalten haben. Man ist namentlich durch Grandeau's Untersuchungen[1]) auf die Bedeutung der so zurückgebliebenen Stoffe aufmerksam geworden, und ich habe desshalb durch Anwendung seiner Methode zu bestimmen gesucht, ein wie grosser Theil Phosphorsäure, Kalk und Kali in einer den Pflanzen zugänglichen Form noch nach dem Aussieden mit Salzsäure in der Erde zurückgeblieben sein dürfte. Zu dieser Untersuchung wurden die oberste von Humus stark gefärbte Probe aus dem Obergrunde im Profil II, deren Gehalt an organischem Stoff sich auf 2,67 Procent belief, und die unterste Probe aus dem Untergrunde desselben Profils mit 0,29 Procent Humus

---

[1]) S. Jahresberichte üb. d. Fortschr. a. d. Gesammtgeb. d. Agrikultur-Chemie, 1870—72, p. 74.

gewählt. Nachdem diese beiden Proben auf die oben gedachte Weise in Salzsäure gekocht waren, wurden sie mit Ammoniakwasser behandelt, und die Flüssigkeit dann filtrirt, die Lösung zur Trockenheit verdampft und schwach ausgeglüht. Durch dies Verfahren ergab sich:

	Löslich in Salzsäure	Löslich in Ammoniak nach Aussieden in Salzsäure
Im Obergrunde.		
Phosphorsäure	0,065	0,015
Kalk	0,032	0,008
Kali	0,040	0,005
Im Untergrunde.		
Phosphorsäure	0,095	0,002
Kalk	0,099	Spuren
Kali	0,097	Spuren

Die Grandeau'sche Methode scheint also namentlich für die Phosphorsäure grössere Zahlen zu geben, allein der Unterschied ist doch nicht so bedeutend, dass er in fühlbarem Grade die Richtigkeit der Schlüsse, die sich aus den Analysen ziehen lassen, verrücken könnte.

Wir theilen nachstehend die Resultate der Untersuchungen nebst einer kurzen Beschreibung der untersuchten Profile mit.

Mullboden in Buchenwäldern.

Profil I. — Store Hareskov. 2. Kopenhagener Staats-Forst-Distrikt (Seeland). Ebenes, gut abgegrabenes Terrain. Geschlossenes 30jähriges Buchenstangenholz in gutem Wachsthum. 2zölliger, dunkler Mull; 18zölliger graugelber, lockerer, sandiger Obergrund; 16zöllige sehr feste überwiegend weissliche, aber doch stellenweise ockerfarbige, lehmsandige Oberschicht des Untergrundes; dieser aus stark lehmigem Sande und sandigem Lehm gebildet. — Die analysirten Erdarten sind aus drei Löchern, die ca. 40 Ellen von einander entfernt waren, genommen; jede Probe ist demnach eine Mischung von dreien, welche dieselbe Schicht an den drei Stellen repräsentiren.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Abstand von der Erdoberfläche		
	0—2"	2—6"	6—12"
	Procent	Procent	Procent
a. An der Luft getrocknete Erde.			
Steine	11,11	11,70	14,28
b. An der Luft getrocknete, steinfreie Erde.			
Kies	1,85	1,80	2,24
Grober Sand	11,50	13,48	14,24
Feiner Sand	63,27	66,20	62,15
Thon	11,48	12,13	14,98
Humus	7,47	2,92	2,08
Hygroskopisches Wasser	2,08	1,30	1,40
Chemisch gebundenes Wasser	0,86	0,73	0,95
Löslich in Salzsäure	1,49	1,44	1,96
	100,00	100,00	100,00
Davon Stickstoff	0,268	0,107	0,075
c. Löslich in Salzsäure.			
Kieselsäure	0,115	0,140	0,150
Schwefelsäure	0,038	0,019	0,012
Phosphorsäure	0,037	0,023	0,017
Thonerde	0,443	0,404	0,682
Eisenoxyd	0,719	0,759	0,996
Kalk	0,049	0,028	0,038
Magnesia	0,034	0,023	0,029
Kali	0,037	0,025	0,026
Natron	0,022	0,019	0,008
	1,494	1,440	1,958

Der Kies bestand aus abgerundeten Stücken Granit, Feldspath und Quarz, der Sand hauptsächlich aus Quarzkörnern mit Feldspathkörnern, Glimmerblättchen und Eisensand.

Profil II. — Rungsted Hegn, Hirschholmer Staats-Forst-Distrikt (Seeland). Ebenes, gut abgegrabenes, hochgelegenes Terrain. Geschlossener unregelmässiger, 20—60jähriger Buchenwald, mit einzelnen zerstreuten Eschen, Ahornbäumen und Eichen. Dreizölliger dunkler Mull; 30zölliger dunkel mullfarbiger, ungemein lockerer und

loser, lehmig-sandiger Obergrund; zehnzöllige, sehr feste, weissliche, lehmig-sandige Oberschicht des Untergrundes, welcher aus sandigem Lehm gebildet ist. Die analysirten Erdproben sind aus einem Loche genommen und so gewählt, dass sie den obersten und untersten Theil des Obergrundes, die feste weissliche Oberschicht des Untergrundes und den unregelmässig ockerfarbigen Untergrund repräsentiren können.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Obergrund		Untergrund	
	oben	unten	oben	unten
	Procent	Procent	Procent	Procent
a. An der Luft getrocknete Erde.				
Steine	11,51	10,46	10,96	14,62
b. An der Luft getrocknete, steinfreie Erde.				
Kies	2,23	1,32	1,95	1,80
Grober Sand	12,45	12,85	12,30	10,26
Feiner Sand	56,42	61,05	56,00	50,15
Thon	23,40	21,49	27,22	33,96
Humus	2,67	1,23	0,31	0,29
Hygroskopisches Wasser .	1,76	1,21	1,30	1,98
Chemisch gebundenes Wasser	1,07	0,85	0,92	1,56
	100,00	100,00	100,00	100,00
c. In Salzsäure löslich.				
Phosphorsäure	0,065	0,110	0,050	0,095
Eisenoxyd	1,253	1,362	1,866	2,643
Kalk	0,032	0,024	0,056	0,099
Kali	0,040	0,052	0,042	0,097
	1,390	1,548	2,014	2,934

Profil III. — Gelsskov. 1. Kopenhagener Staats-Forst-Distrikt (Seeland). Nordostseite des Gelshügels auf einer schwach abfallenden Partie, frei von stehender Feuchtigkeit. Sehr hübscher, 60jähriger Buchenwald in vortrefflichem Wachsthum. Dreizölliger, dunkler Mull; zehnzölliger, graugelber, lockerer, sandig-lehmiger Obergrund; 8—10zöllige etwas feste, weissliche, sandig-lehmige Oberschicht des

Untergrundes, welcher aus sandigem Lehm besteht. Die analysirten Erdproben sind aus einem Loch genommen und so gewählt, dass sie den obersten und untersten Theil des Obergrundes, die feste, weissliche Oberschicht des Untergrundes und den unregelmässig gefärbten Untergrund selbst repräsentiren können.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Obergrund		Untergrund	
	oben	unten	oben	unten
	Procent	Procent	Procent	Procent
a. Lufttrockene Erde.				
Steine	10,10	10,17	9,87	13,96
b. Lufttrockene steinfreie Erde.				
Kies	1,35	1,13	1,25	1,10
Grober Sand	10,33	11,21	10,27	10,10
Feiner Sand	62,91	59,56	51,70	47,25
Thon	20,58	22,79	32,60	35,91
Humus	2,11	1,56	0,29	0,14
Hygroskopisches Wasser .	1,47	2,80	1,73	3,10
Chemisch gebundenes Wasser	1,25	0,95	2,16	2,40
	100,00	100,00	100,00	100,00
c. In Salzsäure löslich.				
Phosphorsäure	0,045	0,050	0,056	0,074
Eisenoxyd	0,880	1,040	1,680	2,240
Kalk	0,040	0,026	0,032	0,076
Kali	0,026	0,030	0,088	0,102
	0,991	1,146	1,856	2,492

Mit Torf bedeckter Boden in Buchenwäldern.

Profil IV. — Store Hareskov, 2. Kopenhagener Staats-Forst-Distrikt (Seeland). Ebenes Terrain ohne stehendes Wasser. Mangelhaft geschlossener, ca. 150jähriger Buchenwald in nicht besonders gutem Wachsthum. Dreizölliger ziemlich fester Torf; 2—3zölliger Bleisand; 3—5zöllige Rotherde; alle Schichten recht scharf getrennt und nicht besonders fest. Der Untergrund lehmiger Sand. Die analysirten Erdproben sind aus einem Loch genommen.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Torf	Bleisand	Rotherde	Untergrund
	Procent	Procent	Procent	Procent
a. Lufttrockene Erde.				
Steine	0,00	4,89	13,06	15,71
b. Lufttrockene, steinfreie Erde.				
Kies	0,00	0,77	1,14	2,55
Grober Sand	0,20	12,90	10,68	14,21
Feiner Sand	48,10	79,35	72,30	67,43
Thon	9,80	4,95	9,06	9,42
Humus	34,27	1,15	3,45	1,63
Hygroskopisches Wasser .	5,95	0,31	0,92	0,97
Chemisch gebundenes Wasser	0,43	0,15	0,37	0,31
In Salzsäure löslich . . .	1,25	0,42	2,08	3,48
	100,00	100,00	100,00	100,00
Davon Stickstoff . .	0,619	0,056	0,054	0,029
c. In Salzsäure löslich.				
Kieselsäure	0,083	0,040	0,114	0,051
Schwefelsäure	0,052	0,008	0,020	0,011
Phosphorsäure	0,060	0,021	0,062	0,037
Thonerde	0,289	0,120	0,899	1,527
Eisenoxyd	0,359	0,167	0,846	1,684
Kalk	0,226	0,019	0,041	0,038
Magnesia	0,094	0,017	0,046	0,052
Kali	0,059	0,020	0,034	0,055
Natron	0,030	0,012	0,019	0,028
	1,252	0,424	2,081	3,483

Der Kies bestand theils aus eckigen, theils aus abgerundeten Quarzkörnern, ferner aus Granit- und Feldspaththeilen. Der Sand bestand hauptsächlich aus Quarzkörnern mit einzelnen Feldspathpartikeln, etwas Glimmer und Titaneisensand.

Profil V. — Strandskov, Teglstrup Hegn, 1. Kronborger Staats-Forst-Distrikt (Seeland). Niedrig liegende Vertiefung im Terrain, gut entwässert. Geschlossenes 20jähriges Buchenstangenholz in recht gutem Wachsthum; 4—6zölliger, lockerer, feinkörniger, mullartiger Torf; 3—4zölliger, graulicher, heller und ungleich mullfarbiger, sehr fester Bleisand; 2—3zöllige rothbraune, ungleich gefärbte, sehr

feste Rotherde; Grenze zwischen den Schichten undeutlich. Untergrund lehmiger Sand. Die analysirten Proben sind aus einem Loch genommen.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Bleisand	Rotherde	Untergrund
	Procent	Procent	Procent
a. Lufttrockene Erde.			
Steine	3,52	6,60	4,20
b. Lufttrockene, steinfreie Erde.			
Kies	1,30	2,30	2,70
Grober Sand	19,48	21,30	19,30
Feiner Sand	62,12	58,70	62,00
Thon	13,20	9,20	11,60
Glühverlust	3,90	8,50	4,40
	100,00	100,00	100,00
c. In Salzsäure löslich.			
Eisenoxyd	0,11	0,32	0,77

Profil VI. — Store Hareskov, 2. Kopenhagener Staats-Forst-Distrikt (Seeland). Einsenkung zwischen höher liegenden Partien, feucht aber ohne stillstehendes Wasser. Mangelhaft geschlossener, ca. 150jähriger Buchenwald in recht gutem Wachsthum auf den umliegenden, höher gelegenen, mullreicheren Partien des Terrains;

Bezeichnung der analysirten Erdproben.	weisslicher Lehm	rothbrauner Lehm	Untergrund
	Procent	Procent	Procent
a. Lufttrockene Erde.			
Steine	0,00	0,00	0,00
b. Lufttrockene, steinfreie Erde.			
Kies	1,62	2,31	2,45
Grober Sand	67,98	66,01	63,65
Thon	26,87	26,16	22,45
Humus	1,12	1,52	1,21
Hygroskopisches Wasser	0,77	1,11	2,01
Chemisch gebundenes Wasser	1,12	1,61	2,81
In Salzsäure löslich	0,52	1,28	5,42
	100,00	100,00	100,00
c. In Salzsäure löslich.			
Kieselsäure	0,038	0,050	0,057
Phosphorsäure	0,025	0,089	0,040
Eisenoxyd	0,336	0,976	5,115
Kalk	0,026	0,033	0,027
Kali	0,097	0,135	0,186
	0,522	1,283	5,425

2—3 zölliger, nicht besonders fester Torf; 5 zölliger, weisslicher, gleichförmig gefärbter Lehm an der Stelle des Bleisandes; 5 zöllige, rothbraune lehmige Rotherde; ziemlich scharfe Abgrenzung zwischen den drei Schichten. Der Untergrund sandiger Lehm. Die analysirten Erdproben sind aus einem Loch genommen.

Profil VII. — Strandskov, Teglstrup Hegn, 1. Kronborger Staats-Forst-Distrikt (Seeland). Hochliegendes, trockenes Plateau, nahe an dem Hügelabfall gegen die niedrigeren Partien. Offener, alter Besamungsschlag; ca. 200 jährige, niedrigere, zum Theil wipfeldürre Buchen mit sehr geringem Zuwachs. Zweizölliger, fester, zäher Torf; 3—4 zölliger Bleisand; 4—5 zöllige Rotherde; alle

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Torf	Bleisand	Rotherde	Untergrund
	Procent	Procent	Procent	Procent
a. Lufttrockene Erde.				
Steine	0,00	7,35	10,63	16,81
b. Lufttrockene, steinfreie Erde.				
Kies	0,74	1,25	1,15	2,21
Grober Sand	6,75	18,85	17,95	14,99
Feiner Sand	23,90	58,44	50,07	46,80
Thon	18,83	16,79	19,87	26,01
Humus	37,34	2,63	3,91	1,32
Hygroskopisches Wasser	9,38	0,66	1,83	2,45
Chemisch gebundenes Wasser	1,54	0,62	0,83	1,73
In Salzsäure löslich	1,52	0,76	4,39	4,49
	100,00	100,00	100,00	100,00
Davon Stickstoff	0,876	0,069	0,109	0,072
c. In Salzsäure löslich.				
Kieselsäure	0,054	0,033	0,037	0,074
Schwefelsäure	0,083	0,017	0,027	0,018
Phosphorsäure	0,129	0,013	0,025	0,026
Eisenoxyd	0,648	0,412	1,456	2,048
Thonerde	0,344	0,264	2,774	2,206
Kalk	0,096	0,010	0,038	0,034
Magnesia	0,048	0,008	0,024	0,026
Kali	0,088	0,005	0,012	0,056
Natron	0,025	Spuren	0,004	0,011
	1,515	0,762	4,397	4,449

8*

Schichten sehr fest und mit scharfen Grenzen. Der Untergrund sandiger Lehm. Die analysirten Erdproben sind aus drei Löchern, in einem Abstande von ca. 30 Ellen von einander, genommen worden; jede Probe ist demnach eine Mischung von dreien, welche dieselbe Schicht an drei Stellen repräsentiren.

Profil VIII. — Strandskov, Teglstrup Hegn, 1. Kronborger Staats-Forst-Distrikt (Seeland). Hochliegendes Plateau, dicht am östlichen Waldrande, nach dem Strande zu. Alter offener Besamungsschlag; ca. 200 jährige, niedrige, zum Theil wipfeldürre Buchen mit sehr geringem Zuwachs. Vier- bis fünfzölliger, fester, zäher Torf; sechs- bis siebenzölliger weissgrauer Bleisand; ca. 16 zöllige, durchaus feste, sandsteinartige Rotherde oder Ortstein von ganz hellbrauner oder gelbbrauner Farbe mit dunkelbraunen Adern und Flecken; durch die Rotherde ging eine schornsteinartige Verlängerung des Bleisandes in den Untergrund hinunter. Alle Schichten scharf getrennt. Der Untergrund stark sandiger Lehm. Die analysirten Erdproben sind an verschiedenen Stellen eines sehr breiten Profils genommen, so dass mehrere Proben aus zweien zusammengemischt sind. Die für die Rotherde angegebenen Zahlen sind Durchschnittsgrössen von zwei Untersuchungsreihen über zwei getrennt behandelte Proben, von denen die eine aus den helleren, die andere aus den dunkleren Partien genommen war.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Bleisand	Rotherde	Untergrund
	Procent	Procent	Procent
a. Lufttrockene Erde.			
Steine	0,80	1,70	2,00
b. Lufttrockene, steinfreie Erde.			
Kies	1,70	2,00	1,50
Grober Sand	19,90	21,45	29,00
Feiner Sand	68,10	69,40	54,70
Thon	8,90	3,85	11,80
Glühverlust	1,40	3,30	3,00
	100,00	100,00	100,00
c. In Salzsäure löslich.			
Eisenoxyd	0.05	0,47	1,32

Mit Torf bedeckter Boden unter Haidekrautvegetation.

Profil XI. — Sonneruper Plantage, Staats-Forst-Distrikt der Odsharde (Seeland). Hochliegende Flugsandstrecke nahe am Meere; ausnehmend trocken, spärlich bewachsen mit Haidekraut und Sandpflanzen. Das Terrain war früher wahrscheinlich ganz mit Haidekraut bewachsen, aber der steile Abhang nach dem Meere zu, aus dem die analysirten Proben genommen wurden, zeugt davon, dass bedeutende Stücke der mächtigen Ablagerungen von Flugsand vom Wasser fortgerissen sind. Die eigentliche Haidekrautvegetation mit ihrem Torf beginnt jetzt erst ca. 50 Schritt vom steilen Ufer. Zwei bis drei Fuss tiefer weisser Sand mit einer nicht geringen Menge eingemischter selbständiger Humuspartikeln, Pflanzenfasern, Humuskohlen u. dergl.; zwei bis drei Fuss mächtige, sehr harte, sandsteinartige, schwarzbraune Rotherde; der Untergrund gelblicher Meersand. Ganz ähnliche Profile stellen sich dar beim Graben auf anderen Stellen in dem mit Torf bedeckten und mit Haidekraut bewachsenen Theil dieser Sandstrecken, gleichwie auch in der nicht weit davon liegenden Aellinger Haide. Die analysirten Erdproben sind auf einer Stelle am Abhang genommen.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Bleisand	Rotherde	Untergrund
	Procent	Procent	Procent
Feuchtigkeit	0,67	1,56	0,25
Sand	97,03	95,65	98,99
Humusstoffe, fast ausschliesslich Humussäure	1,98	2,05	0,31
Eisenoxyd	0,32	0,74	0,45
	100,00	100,00	100,00

Jütische Haideböden. — Aus einer 1876 publicirten Arbeit (Einige Analysen von jütischen Haideböden, Tidsskr. f. Skovbr. Bd. I), auf die in diesem ersten Abschnitte hingewiesen ist (p. 53), werden hier die analytischen Endresultate als Anhang mitgetheilt.

Haidehügel bei Herning.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Haidetorf	Bleisand	Rotherde	Untergrund
a. Lufttrockene, steinfreie Erde.	Procent	Procent	Procent	Procent
Kies und grober Sand . .	46,45	89,00	70,84	87,52
Feiner Sand	3,87	4,37	2,70	2,90
Humus	36,03	2,80	12,02	2,59
Hygroskopisches Wasser .	6,05	0,53	4,48	1,12
Thon	6,66	2,81	5,80	2,50
In Salzsäure löslich . . .	0,94	0,49	4,16	3,37
	100,00	100,00	100,00	100,00
Davon Stickstoff	0,587	0,038	0,170	0,027
b. In Salzsäure lösliche Stoffe.				
Phosphorsäure	0,044	0,011	0,038	0,031
Thonerde	0,218	0,265	0,170	1,695
Eisenoxyd	0,451	0,182	3,720	1,462
Kalk	0,088	0,007	0,096	0,039
Magnesia	0,053	0,005	0,032	0,040
Kali	0,055	0,017	0,073	0,084
Natron	0,032	0,005	0,037	0,021
	0,941	0,492	4,166	3,372

Haideebene bei Herning.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Haidetorf	Bleisand	Rotherde	Untergrund
a. Lufttrockene, steinfreie Erde.				
Kies und grober Sand . .	80,19	95,99	82,40	95,44
Feiner Sand	1,79	1,84	1,65	0,33
Humus	13,24	1,76	11,96	1,21
Hygroskopisches Wasser .	4,17	0,24	2,32	0,91
Thon	Spur.	Spur.	Spur.	1,26
In Salzsäure löslich . . .	0,61	0,17	1,67	0,85
	100,00	100,00	100,00	100,00
Davon Stickstoff	0,205	0,022	0,215	0,010
b. In Salzsäure löslich.				
Phosphorsäure	0,029	0,005	0,039	0,008
Thonerde	0,382	0,086	0,804	0,191
Eisenoxyd	0,142	0,053	0,791	0,632
Kalk	0,030	0,008	0,007	0,006
Magnesia	0,009	0,009	0,005	0,002
Kali	0,015	0,006	0,018	0,012
Natron	0,006	0,005	0,008	0,004
	0,613	0,172	1,672	0,855

II.

Ueber die

Humusformen der Eichenwälder und Haiden.

1884.

Seit 1878, in welchem Jahre der erste Abschnitt dieser Studien erschien, ist unsere Kenntniss von dem Gegenstande, auf den sich die nachstehenden Untersuchungen beziehen, durch eine Reihe literarischer Beiträge von verschiedenen Verfassern bedeutend erweitert worden.

In den verflossenen fünf Jahren ist nämlich erstens Charles Darwin's grosse Arbeit über die Thätigkeit der Regenwürmer im Dienste der Humusbildung erschienen, wodurch die Beobachtungen und Schlüsse, welche den Kernpunkt in dem ersten Abschnitt unserer Studien bildeten, eine mächtige Stütze erhalten haben, und zwar theils direkt durch Darwin's vorzügliches Werk selber, theils indirekt durch das Gewicht, das sein berühmter Name diesen Untersuchungen zu verschaffen vermochte, sowie auch durch die kritischen Arbeiten, die es veranlasste, und von denen namentlich diejenige Hensen's von Bedeutung ist. Aber auch die Kenntniss der physikalischen und chemischen Prozesse im Erdboden, auf die im ersten Abschnitt aufmerksam gemacht wurde, ist durch wichtige Beiträge, wie namentlich durch König's Untersuchungen über das Absorptionsvermögen der Humusstoffe, ausgedehnt worden.

Ferner hat die im Jahre 1878 erschienene Studienreihe selbst kritische Bemerkungen anderer Verfasser hervorgerufen, wodurch der Gegenstand eine mehrseitige Beleuchtung erhalten hat, was namentlich durch Emeis geschehen ist.

Endlich hat der Verf. selbst in der Letterstedtschen Zeitschrift für Wissenschaft, Kunst u. s. w., im Jahrgang 1879, durch eine kleinere Abhandlung, „Einige Züge aus der Naturgeschichte des Waldes," über das Resultat der Untersuchungen, die in diesem zweiten Abschnitt vorgelegt werden sollen, eine vorläufige Mittheilung gegeben, und ist diese Abhandlung durch eine Uebersetzung

von Prof. Metzger in den „Forstlichen Blättern“ in die ausländische Literatur eingeführt.

Die Verhältnisse, welche für den Plan zum ersten Abschnitt dieser Studien massgebend waren, haben sich daher in den verflossenen fünf Jahren wesentlich geändert, indem ich im Jahre 1878 auf einem fast ganz unbekannten Gebiet zu arbeiten vermeinte und danach den Plan der Darstellung einrichtete. Weil die Untersuchungen sich nicht direkt auf die Mittheilungen eines Vorgängers stützten, liess ich meine eigene Reihe von Beobachtungen die Grundlage der Arbeit bilden, während man eine solche Untersuchung gewöhnlich durch eine Orientirung über die früheren Behandlungen des betreffenden Gegenstandes eingeleitet sieht, so dass die Entwickelung auf der schon gewonnenen Erkenntniss weiter baut. Für den vorliegenden Beitrag hätte nun sehr wohl diese traditionelle Form angewendet werden können; dass aber dennoch auch hier derselbe Plan zu Grunde gelegt ist, beruht namentlich auf dem Wunsche, für diese beiden Abtheilungen derselben Arbeit die gleiche Form zu bewahren.

In ebenso hohem Grade wie der erste Abschnitt verdankt dieser zweite Theil den analytischen Untersuchungen des Dozenten Tuxen sehr wesentliche Beiträge, und ich fühle mich gedrungen, diesem unermüdlichen Mitarbeiter hiemit meinen freundschaftlichen Dank für seinen ausgezeichneten und immerdar bereitwilligen Beistand abzustatten. Seine auf mein Ersuchen vorgenommenen Bestimmungen sind in einem besonderen Anhang am Schluss dieser Abhandlung mitgetheilt.

Amtsgeschäfte und literarische Arbeiten anderer Art haben die Herausgabe dieser Studien, die in der Hauptsache schon vor ein paar Jahren abgeschlossen waren, verzögert.

Beobachtungen.

Der Eichenwald.

Die verschiedenen Formen, unter denen der natürliche Eichenwald in Dänemark auftritt, sind von Vaupell einem so talentvollen und eingehenden Studium unterworfen worden, dass eine fortgesetzte

Untersuchung dieser interessanten Waldformen nur in Einzelheiten dasjenige, was dieser Verfasser schon in den wesentlichen Zügen gegeben hat, schärfer ausprägen kann. Die nachstehende kurze Erörterung über die Hauptformen des Eichenwaldes muss deshalb zunächst als eine Rekapitulation von grösstentheils bekannten, jedoch zum Verständniss der folgenden Abschnitte nothwendigen Angaben angesehen werden.

Durch Steenstrup's und Vaupell's Untersuchungen, die durch mannigfache, zerstreute und nur zum Theil in der Literatur aufgezeichnete Beobachtungen Anderer bestätigt sind, ist es festgestellt worden, dass unser Land in früheren Zeiten mit ausgedehnten, zusammenhängenden Eichenwäldern bewachsen war. Ferner hat Vaupell uns gezeigt, dass die Hauptursache, weshalb dieselben vom grössten Theil des Landes verschwunden sind, nächst dem Eingreifen der Menschen, in dem Verhältniss der Eiche zu anderen Bäumen, und namentlich zur Buche, gesucht werden müsse, welche letztere überall, wo sie auf ihrer Wanderung Oertlichkeiten antraf, die ihr selber eine kräftige Entwickelung gestatteten, die Eiche verdrängt hat. Es ist endlich bekannt, dass die Stellen, wo sich die Eichenwälder in ihrer ursprünglichen Gestalt am längsten, bis auf unsere Zeit, erhalten haben, die schweren, fruchtbaren, frischen bis feuchten oder nassen Lehmböden sowie der magere, trockene Sandboden des mittleren Jütland sind. Von allen Zwischenformen zwischen diesen höchst verschiedenen Oertlichkeiten sind die Eichenwälder durch das Vordringen der Buche so vollständig verschwunden, dass ausser den in den Buchenwäldern zerstreuten alten Eichen nur zufällig vorkommende kleine Reste in geringer Anzahl hie und da noch übrig geblieben sind. Von den vereinzelten alten Eichen in den Buchenwäldern gab es noch zu Vaupell's Zeit eine grosse Menge in den meisten Gegenden; aber in den letzten dreissig Jahren sind auch diese interessanten Reste von Eichenwäldern einer dahingeschwundenen Zeit auf solchen Mittel-Lokalitäten durch die starke Benutzung sehr an Zahl beschränkt worden.

Ein Studium des natürlichen Eichenwaldes in Dänemark hat sich also mit zwei Haupttypen zu beschäftigen, nämlich demjenigen, welcher auf schwerem und feuchtem Lehm- und Thonboden, und demjenigen, welcher auf dem trockenen und mageren Sandboden des mittleren Jütland, der übrigens grösstentheils von Haide eingenommen wird, zu Hause ist.

Die Eichenwälder auf Lehmboden sind vorzugsweise der Gegenstand der Untersuchungen Vaupell's gewesen, und seiner vortrefflichen Beschreibung derselben habe ich nichts hinzuzufügen. Sie bestehen bekanntlich vorzugsweise aus Bäumen von niedrigem Stamm mit breiten Kronen in ziemlich geräumiger Stellung, so dass die Anzahl alter Eichen kaum grösser ist als 54 Stück pr. Hektar. Ihr starkes Gezweige und ihre kräftigen, gewundenen Formen stellen eine Reihe lokaler Eigenthümlichkeiten dar, die wahrscheinlich theils durch den Einfluss des Bodens und der Nebenbuhlerschaft anderer Baumarten auf die Form, theils durch den gegenseitigen Abstand der Eichen von einander und ihre Entwickelungsgeschichte hervorgerufen sind. Ihre Höhe ist im Allgemeinen keine bedeutende; in einigen Wäldern übersteigt sie nicht wesentlich 40 Fuss, während sie in anderen 60—70 Fuss und darüber erreicht.

Charakteristisch für diese Wälder ist das Unterholz, in welchem die Haselstaude die Hauptrolle spielt, während es an einigen Stellen von Weissdorn oder von Weissdorn und Hasel im Verein gebildet wird. Dazu kommt, je nach der Oertlichkeit in verschiedener Menge, eine Reihe anderer Strauch- und Baumarten, von denen Faulbaum, Massholder und Hainbuche die wichtigsten sind. Wo dieses Unterholz einigermassen ungestört geblieben ist, bildet es ein dichtes Gebüsch unter den Eichen, oder wenn es älter wird, ein niedriges, aber dichtes und schattiges Laubdach, über welches die Eichen wie ein zweites Stockwerk ihre Kronen erheben. Die nebenstehende charakteristische Figur 11 zur Illustration dieses Waldtypus haben wir Vaupell entlehnt.

Die Eichenwälder auf dem mageren jütischen Haidesand haben von Vaupell keine so erschöpfende Behandlung erfahren, wie ihre Verwandten auf dem Lehmboden, und da sie von besonderer Bedeutung für die vorliegende Untersuchung sind, so wollen wir eine nähere Schilderung derselben versuchen.

Der bedeutendste und interessanteste derselben ist der Eichenwald von Hald, südwestlich von Viborg, 254 Hektar gross. Der bessere Theil dieses Waldes steht auf flachem, ziemlich niedrig liegendem Terrain und ist mit recht wohlgeformten Bäumen von einem Alter von 100—200 Jahren und einer Höhe von 40—50 Fuss [1])

[1]) Die hier angeführten Abmessungen an Alter, Grösse und Zuwachs der Eichen im Wald von Hald verdanke ich den Untersuchungen des Forstkandidaten A. Steen.

bewachsen, die hie und da mit jüngeren Altersklassen, namentlich von 40—50 Jahren untermischt sind. Der Schluss des Bestandes steht demjenigen der Eichenwälder auf Lehmboden ganz zur Seite. Die Stämme sind nicht lang, die Kronen gut entwickelt und berühren selten einander. Die Höhe ist zwar nicht viel geringer als die, welche man in vielen Eichenwäldern der Inseln auf gutem Boden



Fig. 11. Sommereichen in Hasel-Unterholz aus Enghave bei Svendstrup (Seeland). (Nach Vaupell.)

trifft, aber die Dimensionen des Stammes sind kleiner, gemeiniglich 12—24 Zoll (der Durchschnitt von 10 Stämmen ohne Rinde betrug 4 Fuss über der Erde 17 Zoll).

Demjenigen, welcher die Wälder der Inseln und des östlichen Jütland auf besserem Boden zu sehen gewohnt ist, mag wohl die

Vegetation in diesen Eichenwäldern auf Sandboden den Eindruck der Magerkeit, ja des Verfalls machen. Ein genaueres Studium zeigt aber, dass dieser erste Eindruck schwerlich richtig ist. Es ist in den besseren Theilen des Halder Eichenwaldes eine Fülle in der Baumvegetation, die überraschen muss, wenn man die Magerkeit des Bodens in Betracht zieht. Viele 100—200 Jahre alte Bäume haben frische und volle Kronen, und ihr Zuwachs ist verhältnissmässig kaum geringer, als bei gleichaltrigen Bäumen auf besserem Boden; dasselbe gilt von dem Eichenwald bei Södal nördlich von Viborg und von Skindbjerglund im Amte Aalborg. Der Forstkandidat Steen fand im Halder Eichenwald ein jährliches Mittelzuwachsprocent von 0,53 an zehn Stämmen, deren Mitteldurchmesser am abgeschälten Stamm in Brusthöhe 16,8 Zoll, und deren Alter nach der Untersuchung an 6 Bäumen 150—200 Jahre und sogar darüber betrug. Ein mit grosser Sorgfalt untersuchter Modellbaum (Wintereiche), dessen Alter zu 116 Jahren festgestellt wurde, ergab (im Auszuge) folgende Messungsresultate:[1])

Alter.	Höhe.	Masse.	Jährlicher Zuwachs.
6 Jahr	2,1 Fuss	0,001 Kbfss.	
26 „	16,5 „	0,213 „	9,9 pCt.
46 „	22,3 „	1,36 „	7,3 „
66 „	31,5 „	3,70 „	4,7 „
86 „	41,9 „	10,76 „	4,9 „
106 „	45,1 „	19,25 „	2,8 „
116 „	46,5 „	24,08 „	2,2 „

Dieser Stamm zeigt, dass sowohl der Höhen- als der Massenzuwachs noch bei einem Alter von 100 Jahren verhältnissmässig stark ist; der Baum hat volle Lebenskraft gehabt. Die abgeschälten Zweige machten 20,6 Kubikfuss, und der ganze Baum mit der Rinde ca. 51 Kubikfuss oder ungefähr 1 Klafter aus, was in Ansehung der Bodenbeschaffenheit etwas Beträchtliches zu nennen ist. Dass das Resultat kein noch günstigeres geworden ist, rührt ohne Zweifel zum Theil

[1]) Weil in unserer Literatur schwerlich andere Messungen von Eichen aus diesen Wäldern vorliegen, welche leider wohl bald ihr ursprüngliches Gepräge verlieren werden, wenn sie nicht als geschichtliche Denkmäler erhalten bleiben, so fügen wir nach Steen's Messungen noch ein paar Zahlen hinzu: Formzahl des Stammes (beim Durchmesser in $^1/_{20}$ Höhe) 0,412, des ganzen Baumes 0,765; das Sortirungsverhältniss war: 48,9 % Klafterholz, 23,9 % Knüppelholz und 27,2 % Reisig.

von dem Entwickelungsgange der Bäume in diesen Wäldern her. Das Jungholz hat sich nicht emporarbeiten können, ausgenommen an Stellen, wo ein alter Baum gestürzt oder umgehauen ist; es stockt lange in der Entwickelung aus Mangel an Licht und erst nach langem und hartem Kampfe erringt ein einzelner Baum die Herrschaft in einer solchen Gruppe. Viele Stellen im Halder Eichenwald liefern noch lehrreiche Kommentare zu den früheren Lebensbedingungen der alten Bäume, indem sie solche beengte Gruppen von jüngeren Bäumen zeigen, und selbst aus dem Gang des Zuwachses beim Modellbaume ergiebt sich deutlich, dass auch die Entwickelung dieses Baumes in dieser Beziehung die gewöhnliche gewesen ist; wenigstens 20 Jahre hindurch, im Alter von 40—60 Jahren, hat er unter dem Druck grösserer Nachbarn gestanden.

Diese Angaben sind angeführt worden zur Stütze des unmittelbaren Anschauung des Verfassers über das jetzige Gedeihen dieser Wälder. Obgleich sie nur aus unansehnlichen Resten bestehen, machen die besseren Partien keineswegs den Eindruck einer Vegetation, deren Lebenskraft gebrochen ist; wenn sie verschwunden sind, so müssen sie im Kampf gegen fremde Mächte gefallen sein, nicht durch eigene Entartung. Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass die guten Theile vom Halder Eichenwald, vom Södaler Eichenwald, in denen noch kräftige 200jährige Bäume (die Zahl der Jahrringe auf dem Stumpf gezählt) stehen, und von dem hübschen kleinen Skindbjerglund, was die Entwickelung der Eichen betrifft, uns von den alten Eichenwäldern Jütlands auf dem Geschiebesande ein Bild geben, das hinter dem Anblick, den sie in ihrer kräftigsten Zeit vor Jahrhunderten darboten, an Fülle nicht wesentlich zurücksteht, obwohl sie natürlich an sehr alten und grossen Bäumen arm sind, weil diese schon längst gefällt wurden.[1])

Vaupell führt an,[2]) dass von der Wintereiche (*Q. sessiliflora*) nur „einzelne Bäume" bei H a l d vorkommen, und dass sonst der grösste Theil des Waldes aus Sommereichen (*Q. pedunculata*) bestehe.

---

[1]) Welche mächtigen Eichenstämme dieser Boden hat hervorbringen können, zeigt unter Anderem ein 1883 im Kirchspiel Hover, nordwestlich von Herning, von Dr. H. Petersen ausgegrabener eichener Sarg aus dem Bronzealter. Derselbe besteht aus einem geraden nnd ebenmässigen Eichenblock von fast 5 Ellen Länge und $3^3/_4$ Fuss Durchmesser.

[2]) De Danske Skove, 1863, p. 35.

Es ist doch nicht unwahrscheinlich, dass die Wintereiche in den Wäldern bei Hald eine etwas grössere Rolle spielt, als man nach Vaupell's Aussprüchen annehmen sollte. In Fig. 12 geben wir ein zum Theil nach Photographien ausgeführtes Bild von einer Partie des Halder Eichenwaldes mit einer photographisch getreuen Darstellung von ein paar Wintereichen, deren verhältnissmässig dünne und schlanke Zweige diesem Baum eine weniger gedrungene und knorrige Gestalt, als sie der Stieleiche eigen ist, geben und daher zugleich dazu beitragen, dass der Wald ein von anderen Eichenwäldern etwas verschiedenes Aussehen gewinnt.

Das Unterholz im Eichenwald von Hald besteht, wie auch Vaupell angiebt, aus Wachholdergebüsch. Dasselbe ist ziemlich licht und unzusammenhängend, bildet hin und wider ein grösseres geschlossenes Dickicht und erreicht gewöhnlich nur eine Höhe von 3, selten von 4 Ellen; in den guten Theilen des Waldes ist es häufig mit einer üppigen Vegetation von Adlerfarn untermischt. Mir erscheint es nicht wahrscheinlich, dass diese Beschaffenheit des Unterholzes die ursprüngliche gewesen ist; es ist vermuthlich dichter und höher gewesen.[1]) In anderen jütischen Waldgegenden, wie namentlich in der Nähe des Jagdhauses im Mylenberger Holz (Rold), befinden sich grosse, undurchdringliche Gebüsche von hohen Wachholdersträuchen, die, obgleich seit Menschengedenken keine Eichen in diesen Waldstrecken vorhanden sind, doch nur Ueberbleibsel von dem alten Unterholz unter Eichen sein können. Möglicherweise sind im Halder Wald und im Skindbjerglund (hier ist der Boden grösstentheils nackt) das Wachholdergebüsch der Weide halber weggehauen, oder vom Vieh zerstört worden. Obwohl das Unterholz im Södaler Wald namentlich aus Haselsträuchen von recht kräftigem Wuchs besteht, zeigen doch die vielen Wachholder, die sich sowohl in den Eichenwäldern, als auch zerstreut auf den Haiden befinden, dass dieser Strauch in den grossen Waldstrecken, die jetzt in Haideflächen verwandelt sind, sehr verbreitet gewesen, und dass er wahrscheinlich an den meisten Stellen, wie jetzt bei Hald, das Uebergewicht im Unterholze gehabt hat. Auch in den Eichenwäldern des Auslandes kann der Wachholder eine ähnliche Rolle spielen und es giebt z. B. in den sandigen Theilen des Waldes bei Fontainebleau Partien, die an den Eichenwald bei Hald erinnern.

---

[1] Diese Vermuthung ist später vollständig bestätigt worden.



Fig. 12. Partie des Eichenwaldes bei Hald (Jütland); im Vordergrunde zwei Wintereichen mit Wachholder-Unterholz.

Der Eichenwald im Verfall. — Wenn man vom Smedegaard, der ungefähr 30 m über dem Meere an der nordöstlichen Grenze des Oester-Langskov bei Hald in Jütland liegt, in südwestlicher Richtung fortgeht, so steigt man auf einer Strecke von ca. 900 m allmählich und gleichmässig bis zu einer Höhe von ca. 60 m Auf der ersten Hälfte dieser Strecke, welche zugleich die Hälfte der Erhebung ausmacht, ist der Wald zum grössten Theil gesund und dem Bilde, das wir oben von den Eichenwäldern auf Sandboden zu geben versucht haben, entsprechend. Auf der letzten Hälfte des Weges bemerkt man aber eine starke Abnahme im Wachsthum; die Bäume werden immer kurzstämmiger, oft zugleich wipfeldürr, und auf dem kleinen, ungefähr 60 m hohen Plateau, sowie auch an dessen sanften Böschungen nach NW., W. und SW. ist der Wald offen, die Bestockung mangelhaft und die Bäume elend und verkrüppelt, oft mit Flechten behangen; das Unterholz ist hier sehr unvollständig geschlossen, wenn auch noch einige gute Wachholdersträuche vorgefunden werden. Die im Verhältniss zu den vom Boden dargebotenen äusserst bescheidenen Lebensbedingungen, kräftige und üppige Vegetation, die auf dem niedriger liegenden Theil vorherrschend war, ist hier auf dem höher gelegenen nicht zu finden; der Wald ist unverkennbar stark in Verfall gerathen, und die Hauptursache ist, wie die fortgesetzte Beobachtung deutlich zeigt, der rauhe Westwind.

Geht man weiter in derselben Richtung fort, so gelangt man, noch ca. 400 m weiter, an die südwestliche Grenze des Waldes, die 10 m tiefer, an der Seite der Hügelböschung liegt. Hier ist die Zerstörung vollständig: die Bäume sind noch kürzer und knorriger, die Kronen häufig ganz abgestorben und die frischen Zweige finden sich alle gegen Osten; die Westseite ist kahl. Der äusserste offene Waldrand endlich besteht aus abgestorbenen Bäumen, wie die nebenstehende Figur 13 zeigt. Vollständig eingegangen sind diese Eichen jedoch nicht; denn die todten und zum Theil rindelosen Stämme an der offenen Aussenseite des Waldes sind fast alle an ihrem Fusse von einem dichten Gebüsch umgeben, das durch Lodenausschläge aus den noch frischen Wurzelstöcken entstanden ist (Fig 13). Noch weiter gegen Westen ist nur solches Gebüsch übrig geblieben — wofern es nicht ausgerodet ist —, die verrotteten Stämme sind umgestürzt; der Wald ist hier in die den jütischen Haiden so eigenthümliche Form übergegangen, welche durch die Mittheilungen vieler



Fig. 13. Westliche Waldgrenze des Eichenwaldes bei Hald im mittleren Jütland: die abgestorbenen Stämme sind an der Wurzel vom frischen Ausschlage umgeben, der Boden dazwischen mit hohem Haidekraut bewachsen. (Nach einer Photographie.)

Haideuntersucher unter dem Namen von „Krattbusch“ (dän. „Purkrat“) bekannt ist. Es ist durch die Untersuchungen Vaupell's und Anderer festgestellt, und auch ganz unzweifelhaft richtig, dass dieses Gestrüpp, welches in dem grössten Theil der Haidegegenden Jütlands zerstreut liegt, aber doch namentlich auf den Hügelpartien vorgefunden wird, und dessen am besten erhaltene und geschlossene Stellen noch ein Areal von wenigstens 2800 Hektar[1]) bedecken, Ueberbleibsel der alten Eichenwälder sind. Der Vester-Langskov bei Hald zeigt uns in den Hauptzügen ihre Entstehungsgeschichte, und die anderen westjütischen Eichenwälder, welche ich habe untersuchen können, wiederholen in allem Wesentlichen dieselbe Reihe von Stadien. Es ist bekannt, dass der Eichenkrüppelwuchs der Haiden eine sehr verschiedene Entwickelung hat, von ansehnlichen, gut geschlossenen Lodenwäldern von 20—30 Fuss Höhe bis herab zu kleinen Büschen von 1—2 Fuss Höhe, die zerstreut und sogar ziemlich isolirt im Haidekraut vorgefunden werden.

Nach dieser kurzen Erörterung über die Hauptzüge der Beschaffenheit unserer natürlichen Eichenwälder, welche grossen Theils nur eine Zusammenstellung schon bekannter Verhältnisse ist, gehen wir zu dem eigentlichen Gegenstande unserer Untersuchungen, dem Boden der Eichenwälder über.

Der Boden der Eichenwälder.

D e r M u l l d e s E i c h e n w a l d e s a u f L e h m b o d e n. — In unseren Eichenwäldern auf Lehmboden findet man, soweit meine Kenntniss reicht, immer guten Mull. Ist das Unterholz geschlossen, so kann die Ablagerung der griesigen, lockeren, graulich-braunen Schicht, welche sich unmittelbar unter der vermoderten Abfalldecke befindet und unmerklich in die heller gefärbten, unteren Schichten übergeht, eine beträchtliche Mächtigkeit erreichen. Der Boden ist an solchen Stellen von vorzüglicher Fruchtbarkeit und entweder — bei starkem Schatten — fast kahl, oder mit einer zerstreuten Vegetation von den Gräsern und vielen blühenden Gewächsen bedeckt, welche auf frischem und kräftigem Boden die Zierde dieser Wälder sind. Jeder Forstmann wird einräumen, dass keine Oertlichkeit für die

---

[1]) Tidssk. f. Skovbr. Bd. V, p. 59.

Verjüngung so günstig ist wie ein solcher Eichenwald, wenn das Unterholz weggehauen oder gelichtet ist. Wenn dieses fehlt oder zu spärlich ist, um den Boden zu bedecken, so stellt sich Graswuchs ein, der für eine Unterpflanzung allerdings weniger günstige Bedingungen bietet, allein diese hat doch selten mit Schwierigkeiten zu kämpfen; die oberste Erdschicht enthält noch immer Mull, wenn auch dessen Menge stark abnehmen kann. Ich habe aber in Eichenwäldern auf besserem Boden niemals eine Andeutung von Torfbildung gefunden, während in den Buchenwäldern schwerlich irgend ein Theil des Landes von stellenweiser Torfbildung ganz frei ist.

Unter dem Mull hat der Boden durchaus dasselbe Gepräge, wie unter dem guten Mull in den Buchenwäldern. Zuerst kommt der vollkommen lockere Obergrund von gelblicher oder gelblichbrauner bis bräunlicher Farbe, und oben, wo er ganz allmählich in den griesigen Mull übergeht, etwas dunkler; die Farbe ist gleichartig, und ein Erdprofil zeigt in dieser Schicht keine anderen Farbennuancen, als einen schneller oder langsamer, aber ebenmässig von oben herab nach dem Untergrunde abnehmenden bräunlichen Ton.

Die oberste Schicht des Untergrundes ist im Allgemeinen graulich bis graulich weiss, unregelmässig gefärbt und oft so hart, dass sich äusserst schwer darin graben lässt; ja sie lässt sich bisweilen, namentlich wenn sie feucht ist, nur mit der Hacke durchbrechen. Unter dieser Schicht, auf die wir später zurückkommen werden, und die nur auf sehr strengem Thonboden häufiger zu fehlen scheint, befindet sich der unregelmässig gefärbte Untergrund aus unserem gewöhnlichen Geschiebelehm, der viel leichter zu bearbeiten ist, als die darüber liegende weissliche Schicht, der aber doch die Lockerheit und Gleichförmigkeit des Obergrundes gänzlich abgeht.

Der Mull des Eichenwaldes auf Sandboden. — Man darf wohl sagen, dass der Mull die am häufigsten auftretende Form humoser Ablagerungen in den Eichenwäldern auf dem jütischen Sande ist. Der Mullboden dieser Wälder lässt sich schon an der Bodenvegetation erkennen, die, ohne eine zusammenhängende Pflanzendecke mit Wurzelgewirr in der Erdkruste zu bilden, ausserordentlich reich, namentlich an Arten ist, und durch ihre Farbenpracht im Frühsommer einen scharfen Abstich gegen die spärliche und an Arten arme Vegetation des mit Torf überzogenen Bodens bildet.

Charakteristisch für den Mull des Eichenwaldes auf Sandboden ist eine der Pflanzen, welche auch den Mull in den Buchenwäldern auszeichnete, nämlich die Anemone, ausserdem aber kommen vor: Klee (*Trifolium medium*), Veilchen (*Viola canina*), Wicke (*Vicia Cracca*), Platterbse (*Lathyrus macrorrhizus*), Johanniskraut (*Hypericum perforatum* und *quadrangulum*), Labkraut (*Galium saxatile*), Glockenblume (*Campanula rotundifolia* und *persicaefolia*) Teufelsabbiss (*Succisa pratensis*), verschiedene Grasarten, wie Pferdegras (*Holcus mollis*), endlich *Caprifolium* und verschiedene andere. Weniger charakteristisch für den ausgeprägten Mull, oder zugleich auf Torfboden vorkommend, sind: Wachtelweizen (*Melampyrum pratense*), Blutwurz (*Potentilla Tormentilla*) und Drahtschmiele (*Aira flexuosa*), welche jedoch auf dem Mullboden an vielen Stellen ganz fehlt oder sehr spärlich auftritt.

Unsere gewöhnlichen Waldbäume wachsen nach Umständen gut, oder sogar sehr gut in dem Sandmull, der sich in diesen Eichenwäldern findet. Es giebt zahlreiche Beispiele, dass die Fichten hier vortrefflich gedeihen, während sie nur einige Schritt weiter auf dem Haidetorf ausserhalb der Grenze des Gebüsches oder Gehölzes, z. B. im Skarrild Krat, im Viborg Krat und an vielen anderen Stellen Jahre lang kränkeln und im Wachsthum zurückstehen. Aber auch die Buche kommt hier gut fort. So findet man hin und wider im Halder Eichenwalde theils eingepflanzte, theils selbstgesäte Buchen von sehr verschiedenem Alter, welche alle, jedenfalls in den ersten 30—40 Jahren in sehr gutem Wachsthum stehen. Im Södal Vesterskov finden sich sehr hübsche Buchenpflanzungen, theils 5—12 Jahre, theils 40 Jahre alt, welche an Entwickelung und Form nicht hinter den Buchen auf dem Mittelboden der Ostküste zurückstehen, und im Skindbjerglund endlich befindet sich eine 10—15 Jahre alte, vollkommen gute kleine Buchenpflanzung. Es ist hier der gewöhnliche Haidesand, der, wenn er einen Mullüberzug erhält, einen wirklich guten jungen Buchenwald hervorbringen kann. Es ist schon berührt worden, dass auch die Haselstaude, die doch als sehr anspruchsvoll angesehen werden muss, hier gut fortkommt, und zwar auf der durch Tafel III Fig. 5 illustrirten dürftigsten Art des Sandmulls (Partien im Södal Vesterskov).

Obgleich zwischen den Formen, unter denen der Mull in diesen Wäldern auftritt, kaum ein wesentlicher Unterschied vorhanden ist, will ich doch der Uebersicht halber drei unter sich abweichende Arten des Bodens, den derselbe bedeckt, beschreiben.

Allen gemeinsam ist eine vollkommen lockere Oberfläche von griesiger Struktur, bedeckt mit den abgestorbenen Abfallresten des Waldes und bewachsen mit den für den guten Mull charakteristischen Pflanzen.

Die normalste Gestalt, in welcher der Boden in diesen Eichenwäldern auftritt, und welche am nächsten mit dem Mullboden auf Geschiebelehm übereinstimmt, ist auf Taf. III Fig. 1 abgebildet. Unter der feinkörnigen, bei trockenem Wetter hellgrauen, bei feuchtem Wetter dunkelgrauen Oberfläche, liegt bis zu einer Tiefe von 5—7—10—12 Zoll ein lockerer, mullfarbiger Obergrund (Fig. 1a), der in der angeführten Tiefe unmerklich in den ockergelben Untergrund übergeht. Die Mullfarbe wird immer schwächer, je tiefer man hinabkommt; aber die Grenze zwischen dem mullartigen Obergrund und dem Untergrund lässt sich doch einigermassen bestimmen. Diese Form des Mullbodens habe ich an den besten Stellen in den Wäldern und Gehölzen gefunden, wie im Halder Eichenwald, im Skindbjerglund, im Rindsholm Krat und unter isolirtem Eichengestrüpp im Skarrild Krat. Wenn auch die Grenze des Obergrundes nicht überall in derselben Tiefe liegt, so ist sie doch in derselben Oertlichkeit, namentlich wenn die Gestaltung des Terrains keine sehr abwechselnde ist, nur sehr wenig verschieden.

Die nächste Form des Bodens (Taf. III Fig. 2) ist bei oberflächlicher Betrachtung kaum von der vorhergehenden zu unterscheiden; nur scheint der mullartige Obergrund schneller die Mullfarbe zu verlieren und ist im Ganzen etwas heller. Unmittelbar darunter zeigt sich aber der Untergrund in einem Gürtel von 5—8 Zoll Dicke (Fig. 2b) schwach bräunlich gefärbt; bisweilen ist der Unterschied der Färbung zwischen diesem Gürtel und dem tiefer liegenden gelben Sande so schwach, dass man ihn durchaus nicht bemerken würde, wenn man ihn nicht an anderen Stellen kräftiger hätte hervortreten sehen. Dass dieser Gürtel unzweifelhaft von Humussäuren gefärbt ist, soll später gezeigt werden; er ist die erste schwache Spur einer Rotherde- oder Ortsteinbildung. — Sehr oft entspricht das Bodenprofil in dem von Mull bedeckten Gehölzboden dem in Fig. 2 abgebildeten; ich habe z. B. die bräunlichere Schicht in einer Tiefe von zwischen 10 und 18 Zoll im Viborg Krat, in einer Tiefe von zwischen 7 und 13 Zoll unter dem Eichengestrüpp im Findskov Krat und in einer Tiefe von zwischen 5 und 10 Zoll unter dem Eichengestrüpp im Skarrild Krat gefunden.

Es trifft sich nicht selten, dass man bei einem Spatenstich in den lockeren Waldmull, dessen Oberfläche und Vegetation keinerlei abweichende Verhältnisse darbieten, zu seiner Ueberraschung einen beinahe schneeweissen, von dem Bleisande kaum an Weisse übertroffenen Sand zu Tage fördert. (Taf. III Fig. 5.) Fortgesetzte Untersuchungen zeigen bald, dass auch dies eine Form des Gebüschmulls ist, nur mit dem Unterschiede, dass der Obergrund hier noch ärmer an Humus geworden ist, als der in Fig. 2 dargestellte Boden; derselbe ist fast ganz von humosen Verbindungen entblösst und hat gleich dem normalen Bleisand den grössten Theil seines Eisengehalts verloren. Es lassen sich oft in kurzer Entfernung von einander alle Uebergangsformen zwischen den Varianten Fig. 1, 2 und 5, welche als verschiedene Entwickelungsstufen desselben Zustandes im Boden aufgefasst werden müssen, nachweisen. Wo aber die Form Fig. 5 vorkommt, da tritt die dunklere, von Humussäuren gefärbte oberste Schicht des Untergrundes in der Regel stärker hervor, als in der in Fig. 2b abgebildeten. Von einer eigentlichen Rotherden- oder Ortsteinbildung ist hier jedoch noch nicht die Rede; die Schicht hat durchaus dieselbe Konsistenz wie der übrige sandige, ockergelbe Untergrund. — Diesen ganz entfärbten Obergrund unter dem Mull habe ich an mehreren Orten im Halder Eichenwald, im Södaler Wald und im Skindbjerglund auf grösseren und kleineren Partien in den oben beschriebenen Erdbildungen gefunden.

Torfbildungen in Eichenwäldern. — Obgleich der Mull in den Eichenwäldern und unter den vereinzelten Krattbüschen auf dem westjütischen Sande, soweit meine Untersuchungen sich erstrecken, die gewöhnlichste Form der humosen Ablagerungen ist, so kommen doch auch hin und wider Torfbildungen, sogar von sehr beträchtlicher Mächtigkeit, vor.

Am stärksten ausgeprägt, sowohl an Entwickelung als an Ausdehnung, habe ich diese Bildungen im Oester-Langskov bei Hald gefunden. Wenn man auf der obenerwähnten Linie vom Smedegaard gegen SW. fortgeht, so stösst man bald auf eine schwach beginnende Torfbildung mit einer Vegetation von Heidelbeeren und *Trientalis*, zwischen denen auch *Majanthemum* und hin und wider zugleich *Melampyrum pratense* und *Potentilla Tormentilla* vorkommen. Aber je nachdem man höher steigt und nach SW. vorrückt, wird der Torf immer dicker, und auf dem Plateau und an der westlichen Böschung befinden sich Torfschichten von 5 Zoll Mächtigkeit, und man muss

bis zu einer Tiefe von 20—24 Zoll hinabgehen, ehe man durch den dicken und steinharten Ortstein hindurchkommt.

Ausser dem Halder Eichenwald habe ich Torfbildungen im Funder Gehölz gefunden, welches den steilen südlichen Abfall der bedeutenden Höhen bedeckt, auf denen das Dorf Funder mit seinen fruchtbaren Ländereien liegt. Der Abfall gegen S. nach dem Thal des Funder Baches besteht aber aus typischem Haidesand, und der Waldboden auf dieser äusserst trockenen und warmen Böschung befindet sich in einer beginnenden Torfbildung, welche es doch nur zu dünneren, wenig zusammenhängenden Schichten gebracht hat, und von ganz ähnlicher Beschaffenheit ist die Humusform stellenweise in anderen Gehölzen und unter offenen, im Rückschritt begriffenen Krüppelwuchspartien.

Eine Untersuchung der Elemente, welche die Torfschicht des Eichenwaldes zusammensetzen, bietet weit grössere Schwierigkeiten, als eine Bestimmung der einschlägigen Verhältnisse beim Buchenwalde und bei der Haide. Wenn man die schwarzbraune, 5 Zoll dicke Masse durchgräbt, welche den Boden auf dem obenerwähnten Plateau im Halder Eichenwalde bedeckt, so erscheint die Masse fettig, strukturlos und dicht; nur einige grössere Wurzeln leisten dem Spaten Widerstand. Eine nähere Untersuchung mit der Loupe zeigt eine unverkennbare Abweichung von den entsprechenden Bildungen im Buchenwald und auf der Haide. Erstens fehlt der Schicht ganz die blättrige Struktur des Buchentorfes; von den vielen gut erhaltenen Resten der Abfallmasse des Waldes, welche die Torfschicht des Buchenwaldes enthält, findet man hier nur wenig; die Masse kommt amorphem Moortorf am nächsten, während die Struktur des Buchentorfs an die obersten Torfschichten unserer Moore erinnert, in welchen gut erhaltene Sphagnum- und Hypnumschichten mit Blättern und Stengeln von Bäumen und strauchartigen Pflanzen vermischt sind. Dann fehlt hier auch das dichte Wurzelgewebe des Buchentorfs und des Haidetorfs, das gemeiniglich auf jedem noch so kleinen Areal die ganze Masse dieser Humusformen vollkommen durchsetzt. Eine nähere Untersuchung mittels Loupe und Mikroskop zeigt zwar, dass sich im Torf des Eichenwaldes viele Wurzeln befinden, die sich in der Masse verzweigen und ihr Festigkeit geben, sie bilden aber keinen so gleichartigen und wesentlichen Bestandtheil der ganzen Torfschicht, wie bei der des Buchenwaldes und der Haide. Von perennirenden, phanerogamen Pflanzen, deren Wurzeln

im Eichentorf ein Gewebe bilden, ist es mir gelungen, die Eiche, den Wachholder und die Heidelbeere nachzuweisen, die alle stellenweise sehr dichte Massen bilden können; diese Massen sind von den bekannten, braunschwarzen Mycelien zusammengesponnen, die wir namentlich vom Buchentorf her kennen, und die auch im Eichentorf an vielen Orten ausserordentlich massenhaft auftreten. Obwohl aber viele abgestorbene Wurzeln, namentlich des Heidelbeerstrauchs und der Eiche, wie von einem dichten und verworren struppigen schwarzen Haarwuchs aus diesen Mycelien strotzen, so machen sie doch nicht überall einen so wesentlichen Theil der ganzen Schicht aus, wie beim Buchentorf, wohingegen andere, wasserklare und leicht vergängliche Pilzgewebe in grösseren Massen vorkommen und oft förmliche, erstaunlich dichte Kissen bilden. Der ganz überwiegende Theil des Eichentorfs aber besteht, wie sich aus der mikroskopischen Betrachtung ergiebt, aus dem feinsten organischen Detritus, der fast durchgängig in grössere und kleinere Körner und Gries ausgeformt ist, und zwar in einer Weise, die keinen Zweifel übrig lässt, dass es thierische Exkremente sind. Zwischen diesen befinden sich die wenigen Pflanzen- und Thierreste eingelagert, die noch eine deutliche Struktur zeigen. Zwar fehlen auch in anderen Torfformen die Exkremente nicht, aber sie spielen hier eine weit nebensächlichere Rolle in der ganzen Masse.

Obwohl also der untersuchte Eichentorf dieselbe Mächtigkeit erreicht und denselben Einfluss auf den Boden hat, wie der Buchen- und der Haidetorf, so ist er doch auf eine charakteristische Weise vom organischen Leben der Oertlickkeit geprägt. Da diese Waldform, wie es scheint, nicht in demselben Grade wie der Buchenwald, im Stande ist, das Wurzelgewebe in der auf der Oberfläche gelagerten Abfallmasse zu konzentriren, so fehlt zum Theil dieser zusammenbindende Faktor, und die Schicht wird demnach hauptsächlich aus Abfällen zusammengesetzt. Dass diese in so durchaus überwiegendem Grade den Charakter thierischer Exkremente haben, kann schwerlich von der Thätigkeit der in der Schicht selber lebenden Thiere herrühren; denn das animalische Leben hat hier nur wenige grössere Formen und ist hauptsächlich durch einige vermuthlich wurzelfressende Elaterlarven, ausnahmsweise die Larve einer kleinen Maikäferart und durch einige Myriapoden vertreten. Ich vermuthe deshalb, dass diese Schicht als der Exkrementhaufen von dem ganzen, reichen, überirdischen Thierleben des Gehölzes aufgefasst werden

muss, und dass das im Herbste fallende Laub oben auf der Erde verzehrt wird, worauf die Entleerungen zu einer gährenden Masse von Pilzmycelien verschiedener Art verbunden werden. Obwohl der untersuchte Eichentorf in vielen Beziehungen dem bei den Buchenwäldern beschriebenen Insektenmull ähnlich sieht, so ist die Masse doch von einer ganz anderen Beschaffenheit und hat nur geringe Aehnlichkeit mit den lockeren Schichten von sägemehlartigen Insektenexkrementen, die in den Buchenwäldern so oft vorkommen und ohne Zweifel hauptsächlich das Resultat des in dem abgefallenen Laube selber wimmelnden Insektenlebens sind.

Der Haideboden.

Der torfbekleidete Haideboden. — Im Vorstehenden sind die bereits bekannten Erscheinungen beim Verfall des Eichenwaldes und dessen Umwandlung in auf der Haide zerstreuten Eichenkrüppelwuchs geschildert worden; dagegen scheinen die bedeutungsvollen Veränderungen des Bodens, die bei diesem Verfallprozess, welcher von Anderen dem Einfluss des Westwindes zugeschrieben worden ist, mitwirkten, der Aufmerksamkeit früherer Untersucher entgangen zu sein.

Der typische Haideboden, wie er auf dem grössten Theil der ausgedehnten Haiden des westlichen Jütland vorkommt, welche sowohl die Hügelpartien als die Ebenen bedecken, ist so oft beschrieben worden, dass wir nur die Kenntniss seiner Eigenthümlichkeiten, die übrigens schon im ersten Theil dieser Abhandlung hervorgehoben sind, rekapituliren wollen.

Der Boden ist mit einer Schicht von festem und zähem Torf bedeckt, der Hauptsache nach aus organischen Bestandtheilen, Resten der Haidevegetation bestehend, zusammengewebt und verbunden zu einem dichten Gemenge von Haidekrautwurzeln, Pilzmycelium, stellenweise Moosthallus und dem Wurzelgewebe anderer Pflanzen, die zwischen dem Haidekraut fortkommen können. Die untersten Schichten der Haidekruste enthalten gemeiniglich eine mit der zunehmenden Tiefe steigende Menge der mineralischen Bestandtheile des Untergrundes, hauptsächlich Sand, und nehmen hier mehr den Charakter eines mit Pflanzenwurzeln durchwebten und stark mit Vegetationsresten vermischten Sandbodens, als von wirklicher Torfbildung auf dem ursprünglichen Erdreich an; durch Austrocknen wird jedoch

auch dieser Theil der Oberfläche fest, oft fast steinhart und lässt sich nicht scharf von dem eigentlichen, zu oberst liegenden Torfe sondern. Unter der Haidekruste findet sich die Bleisandschicht, ein weisser, entfärbter Sand, der in höherem oder geringerem Grade mit Humuspartikeln gemischt ist, und der je nach dem Grade der Mischung alle Nuancen vom schneeweissen Sande bis zu einer grauschwarzen mullfarbigen Mischung aufweist. Die Grenze zwischen Bleisand und Haidekruste ist schärfer, je nachdem die oben beschriebene unterste Schicht des Torfs weniger entwickelt ist; bisweilen ist sie ganz verwischt, oft stark hervortretend. Unter dem Bleisande findet sich die von Humussäuren und humussauren Verbindungen gefärbte Schicht, welche Ortstein oder Rotherde heisst. Die mineralischen Elemente des Bodens sind hier in eine Bekleidung von humoser Beschaffenheit eingehüllt; die Schicht ist gemeiniglich sehr dicht, so dass sie das Wasser oft nur äusserst langsam hindurchlässt. Die Rotherdeschicht ist niemals nach unten scharf abgegrenzt; der Uebergang in den ockerfarbigen Sand des Untergrundes ist verwischt und meistens auf sehr unregelmässige Weise ausgezackt, so dass die dunkle bis schwarzbraune Schicht sich in Zungen und Zapfen in den Untergrund hinein verlängert. Dieser Uebergang bietet übrigens einen Reichthum an Formen dar, deren Abweichungen von einander hauptsächlich den Verschiedenheiten der Wasserbewegung zugeschrieben werden müssen. In der Literatur finden sich bei Emeis sehr schöne Zeichnungen von Haideprofilen, auf denen diese Eigenthümlichkeiten zur Anschauung gebracht werden. Nach oben, nach dem Bleisande zu, ist die Begrenzung der Rotherde oft vollkommen scharf, aber häufig ist sie verwischt durch Anhäufung von Humusstoffen in den untersten Schichten des Bleisandes, wie es auf Taf. III in Fig. 4 dargestellt ist.

Sehr auffallend bei diesen Bildungen ist die auf bedeutenden Strecken vorherrschende Gleichförmigkeit ihrer Mächtigkeit und übrigen Beschaffenheit. Auf trockenen Hügelpartien und auf den ebenen Strecken, wo der Boden nicht versumpft ist, sind die Schichten bisweilen so gleichartig, dass sie auf bedeutenden Flächenräumen nur wenige Zoll an Dicke unter einander verschieden sind. Die Rotherde ist jedoch am wenigsten gleichförmig, und an gewissen Stellen, namentlich wo die Terrainverhältnisse den Boden frischer oder gar feucht machen, kommen auch recht ansehnliche Verschiedenheiten in der Mächtigkeit des Torfs und des Bleisandes vor. Aber

im Grossen und Ganzen ist doch die Gleichförmigkeit ein Hauptzug in der Beschaffenheit des Erdbodens überall in dem von der Haidebildung in Jütland eingenommenen Terrain.

Der mullartige Haideboden. — Es scheint nicht hinreichend beachtet worden zu sein, dass das braune Haidekraut, das mit gleichförmiger Decke die Anhöhen und Ebenen der Haidegegenden überzieht, nicht selten solche Verschiedenheiten im Boden unter sich birgt, dass dieselben sowohl in naturgeschichtlicher, als auch in ökonomischer Beziehung die grösste Aufmerksamkeit verdienen. Ich habe schon früher erwähnt, dass ich in Nordseeland grössere Partien mit Haidekraut bewachsenen Bodens gefunden habe, in denen sich keine Spur von Bleisand- und Rotherdebildung fand; der Boden war hier der gewöhnliche Mull mit all' seinen eigenthümlichen Kennzeichen der darunter liegenden Schichten. Aber auch in den wirklichen Haidegegenden kommen Strecken von ganz derselben Beschaffenheit vor. Solche Partien habe ich im Amte Aalborg zwischen dem Thisted Nordskov und dem Astrup Nordskov (Gut Villestrup) auf einem Terrain, das ganz den Charakter von Haide hatte, ferner auf den Haiden zwischen dem Halder Eichenwald und dem Findskov Krat im Amte Viborg und in der Langebjerger Pflanzung im Palsgaarder Staatsforstdistrikt im Amte Aarhuus gefunden. Alle diese Oertlichkeiten haben jedoch folgende Züge mit einander gemein: der Boden ist nicht der allermagerste Sandboden, wenn er auch in keiner Beziehung wesentlich von dem Boden unter den typischen Haidestrecken verschieden ist; die Terrainverhältnisse sind der Art, dass die Oertlichkeit nicht zu den trockensten und ausgesetztesten Haidepartien gehört, aber im Allgemeinen findet sich doch in Jütlands westlichen Gegenden normale Haidebildung an solchen Stellen. Endlich hat die Haidekrautvegetation schwerlich seit sehr langer Zeit auf den genannten Strecken geherrscht. So liegt die erwähnte Haide bei Villestrup zwischen zwei Wäldern, von denen der westliche an seinen südwestlichen Rändern auf dem coupirten Terrain ausgeprägte Haidetorf-Bildungen hat. Die Mullpartien in der Haide zwischen dem Halder Eichenwald und dem Findskov Krat sind nach geschichtlichen Angaben, auf die wir später zurückkommen werden, vielleicht noch im Anfange des vorigen Jahrhunderts mit Wald bedeckt gewesen, sind jetzt aber auf allen Seiten von normalem Haidetorf umgeben; endlich liegen die mullartigen Partien in der Langebjerger Pflanzung, die auch auf allen

Seiten von gewöhnlicher Haidebildung begrenzt wird, gleichfalls in einer Gegend, die bedeutende Ueberreste von Wald und Krattgebüsch hat. In den westlicheren Haiden, die wahrscheinlich älteren Ursprungs sind, habe ich derartige im Boden befindliche Denkmäler von früheren verschiedenen Vegetationsverhältnissen und von deren Einfluss auf die Erdoberfläche bisher nicht gefunden.

Es ist schon kurz berührt worden, dass die Fichten, welche in diesen Gegenden angepflanzt werden, sehr verschiedene Entwickelungsverhältnisse zeigen, je nachdem sie in dem mullartigen Boden des Eichenwaldes oder in dem Haidetorf angebracht werden. Dort entwickeln sie sich schnell und kräftig, hier haben sie einen sehr harten Stand, sterben oft ab oder bleiben lange Zeiträume hindurch, oft Jahrzehnte lang im Wachsthum gehemmt. Es trifft sich so glücklich, dass durch Anpflanzungsversuche der Beweis erbracht werden kann, dass der mullartige Boden in den Haiden sich mit Rücksicht auf seinen Einfluss auf die Vegetationsverhältnisse der Fichte ganz ebenso verhält wie der mullartige Boden unter den Eichen. Auf der Haide bei Villestrup waren ansehnliche Pflanzungen ausgeführt, die trotz der sehr dürftigen Bearbeitung des Bodens[1]) ausserordentlich gut standen, während jeder erfahrene Haidepflanzer es für eine Unmöglichkeit erklärt haben würde, auf torfbedeckter Haide Fichten in dieser Weise vorwärts zu bringen. Auch in der Langebjerger Pflanzung standen die Fichten ausserordentlich gut, da hier aber der Boden in weit umfassenderer Weise bearbeitet war, ist es zweifelhafter, ein wie grosser Antheil an dem günstigen Erfolg dem durch Kunst hervorgebrachten Zustande zuzuschreiben ist.

Der Uebergang vom Mullboden zum Torfboden in den Haiden. — Es ist eine höchst auffallende Erscheinung, dass Mull- und Torfboden in den Haidegegenden Jütlands so plötzlich wechseln können, dass ein Abstand von einigen Klaftern genügt, um den Beobachter von einem Boden, der unter einer dicken, festen Torfdecke eine Bleisandschicht von 4—6 Zoll über mächtigen und steinharten Ortstein- und Rotherdebildungen hat, zu einem mullartigen Boden mit einem lockeren und mullfarbigen Obergrunde, der unmerklich in den ockerfarbigen, sandigen Untergrund übergeht, zu führen.

Am augenfälligsten wird dies Verhältniss da, wo die mullartigen

---

[1]) Es waren zweijährige, aus einem Saatkamp genommene Fichtenpflanzen in eine mittels des Schälpflugs gezogene Furche gesetzt worden.

Partien aus kleinen 10—20 Quadratellen grossen Mulloasen unter niedrigen isolirten Eichenbüschen in der mit Haidekraut bewachsenen und mit Torf bedeckten Haidewildniss bestehen, wie Fig. 14 es darstellt. Dieses Verhältniss ist keineswegs ungewöhnlich, und nachdem Verf. erst darauf aufmerksam geworden war, wurde dieselbe Erscheinung an vielen Stellen wiedergefunden. Eine genaue Untersuchung der Verhältnisse unter einem isolirten Eichenkrattbusch in der Haide bei Skarrild mag als Beispiel davon dienen.

Das Skarrild Krat im Amte Ringkjöbing liegt auf dem südöstlichen Abfall der grossen Skovbjerger Hügelpartie in dem vollkommen waldlosen Theile Jütlands. Es besteht grösstentheils aus kleinen, niedrigen und isolirten Büschen in dem Haidekraut und nimmt die südöstliche Böschung sowie den Gipfel des grossen Hügels ein, der sich zu einer ansehnlichen Höhe über das Skjernaa-Thal erhebt, welches hier die Grenze zwischen der Hügelpartie und der grossen Ebene von Sönder-Omme bildet. Der Boden dieser sehr trockenen Oertlichkeit ist der gewöhnliche, etwas steinige Sand mit einer ganz verschwindenden Thonmenge. Schon im Jahre 1867 ward hier eine Bepflanzung ausgeführt, aber die Pflanzungen, die in dem mit Haidekraut bewachsenen und mit Haidetorf bedeckten Boden stattfanden, haben kein rechtes Gedeihen gehabt; nach Verlauf von 12—13 Jahren sind hier, trotz vieler Nachbesserungen, viele ausgestorbene Pflanzen, und nur selten ragen die noch lebenden über dem Haidekraut hervor. Nur hin und wider, wenn eine Pflanze am Saume eines Krattbusches angebracht war, oder an einer Stelle, wo das Gebüsch weggehauen wurde, um der Fichtenpflanzung Platz zu machen, sind die jungen Bäume kräftig emporgeschossen und erreichen bisweilen eine Höhe von 3—4 Ellen, wie namentlich in der Nähe der Baumschule.

Wenn man das Eichengebüsch und den Boden, auf dem es steht, näher untersucht, so zeigt sich dem Beobachter das Bild, das auf Fig. 14 dargestellt ist. Unter dem beinahe kreisrunden Schirm des $3\frac{1}{2}$ Fuss hohen und 14 Fuss breiten, dichten, knorrigen und gewundenen Eichenbusches findet sich eine Bodendecke von Gras und Pflanzen, die der Hauptsache nach der Mullvegetation in den Eichenwäldern entspricht. Es kamen hier, ausser Gräsern, *Campanula* (*rotundifolia ?*), *Achillea millefolium*, *Melampyrum pratense* u. A. vor; am Saume des Busches schienen sowohl Haidekraut, als auch gemeine Bärentraube und Rauschbeersträuche unter den Schirm hinein-



Fig. 14. Durchschnitt eines Eichenkrattbusches und des Bodens, auf welchem er steht. Unter dem Laubdache der Eiche geht der grauliche Mull der Oberfläche in den gelben Sand des Untergrundes allmählich über; ausserhalb des Busches, wo der Boden mit Haidekraut bewachsen ist, hat sich Haidetorf, Bleisand und Ortstein gebildet. Die Eichenwurzeln sind schematisch angedeutet. (Nach einer Photographie.)

zudringen: da wo dieser aber bis ganz dicht auf die Erde herabreichte, erstreckten sich die Mullpflanzen bis an den Rand des Busches. Der Boden selbst war zu oberst mit einer unvollständigen und lockeren Schicht von Blätterstücken und anderen Abfällen der Vegetation bedeckt; darunter folgte ein grauschwarzer lockerer Mull, dessen oberste Partie fast vollständig aus 2—3 mm grossen, gleichartigen und mit Sand vermischten Exkrementen von Regenwürmern gebildet wurde, und der darauf allmählich in einen lockeren, mullfarbigen Obergrund überging, welcher sich in einer Tiefe von $^1/_2$ Fuss unmerklich in den gelben Sand des Untergrundes verlor. Am Umkreise des Eichenbusches begann die Haidetorfbildung und in der Entfernung einiger Ellen war der Haideboden vollkommen normal.

Die hier geschilderten Verhältnisse findet man an vielen anderen Stellen, sowohl im Skarrild Krat als auch auf damit verwandten Oertlichkeiten wieder. So ist Skindbjerglund's mullartiger Sandboden mit seinem guten Waldwuchs gegen W. von den stärksten Torf- und Ortsteinbildungen begrenzt, die ich überhaupt auf den trockenen und hohen Hügeln Jütlands getroffen habe, und nur ein Abstand von einigen Klaftern zeigt diesen grossen Unterschied in der Bodenbeschaffenheit. Der Boden unter und zwischen den isolirten Eichenbüschen im Findskov Krat verhält sich in der Regel ganz ebenso, wie im Skarrild Krat. Im Tyskov Krat in der südwestlichen Ecke des Amtes Aarhus treffen wir ganz dieselben Verhältnisse, allein die Oertlichkeit hat die Eigenthümlichkeit, dass sie zu der grossen Haideebene, den „Flächen“, gehört, deren Boden bekanntlich den magersten Theil der jütischen Haiden ausmacht. Die Konfiguration des Terrains gestattet zwar nicht, diese Lokalität mit voller Bestimmtheit zu den Flächenbildungen zu zählen, allein die Beschaffenheit des Bodens lässt kaum einen Zweifel übrig, indem derselbe, soweit meine Untersuchungen sich erstreckten, aus ungewöhnlich grobem, anscheinend ganz thon- und steinfreiem Sande besteht. Das Gehölz selbst wird, wie das Skarrilder Gehölz, von zerstreut liegendem Gestrüpp gebildet, das sich indessen bisweilen zu einer Höhe von 5—6 Ellen erhebt und sich in grössere, zusammenhängende Gruppen vereinigt. Darunter findet sich vollständiger Mull von der geschilderten Beschaffenheit, dazwischen ausgeprägte Haidebildung, und das Terrain verliert sich, ohne grössere Veränderung im Höhenverhältniss der Oberfläche, in die grosse,

trostlose Brande-Paaruper Ebene mit ihrer mächtigen Haidetorf- und Ortsteinbildung, die sich bis unmittelbar an die Grenze des Gehölzes erstreckt.

Demjenigen, welcher wie Verf. die Torfbildungen in den Buchenwäldern besserer Gegenden zum Ausgangspunkt seiner Untersuchungen über diese Verhältnisse gemacht hat, muss die Erscheinung sehr auffallen, dass die Bleisandbildung in einem Abstande von wenigen Ellen von der Grenze des Gebüsches dieselbe Mächtigkeit hat, wie in grösseren Abständen von derselben, obwohl sie offenbar in der unmittelbaren Nähe des Gebüsches weniger ausgeprägt ist, gleichwie die Rotherdebildung am Rande des Gebüsches an Mächtigkeit und Deutlichkeit abnimmt, je näher man dem von den Zweigen gebildeten Schirm kommt, und sich ohne bestimmte Begrenzung im Mull unter dem Gebüsch verliert. Es herrscht offenbar ein Gesetz für die Mächtigkeit der Bleisandbildung in derselben Gegend auf den mageren Haiden; denn, wie schon erwähnt, ist der Abstand der Rotherde von der Oberfläche sehr gleichförmig, und ich habe niemals solche beginnende Bleisand- und Rotherdebildungen gefunden wie in den Buchenwäldern auf besserem Boden, wo ein kaum zolldicker, feiner Bleisandstreifen unmittelbar über einem ebenso feinen Rotherdestreifen den Anfang zur Entwickelung sehr mächtiger Bleisand- und Ortsteinschichten macht; hier dagegen ist die Mächtigkeit des Bleisandes so zu sagen im Voraus bestimmt.

Wenn man ein langes Bodenprofil durch ein solches Gebüsch und in den ausserhalb befindlichen echten Haideboden hinein aushebt (s. Fig. 14), so gewahrt man, dass die Stelle, auf welcher die Rotherde gebildet wird, die Oberfläche des Untergrundes ist; die oft sehr harte, schwarzbraune und dicke Ortsteinschicht unter dem Haidekraut setzt sich unmittelbar in die schwächer entwickelte Rotherde in der unmittelbaren Nähe des Gebüsches fort und verliert sich darauf allmählich in der Oberfläche desjenigen Theils des Bodens, der nicht mehr mullfarbig ist. Wir haben früher gesehen, dass auch unter dem Mull gerade auf derselben Stelle ein dunkler gefärbter Streifen vorkommen kann, und wo ein solcher sich unter dem Gebüsch zeigt, da ist die Verbindung zwischen dieser Bildung und der typischen Rotherde und Ortstein unverkennbar. Wegen der Regelmässigkeit in diesen Verhältnissen und wegen der vielen Beobachtungen, welche ich anzustellen Gelegenheit gehabt habe, darf ich es mit Sicherheit aussprechen, dass die Rotherde in den jütischen

Haidegegenden sich im obersten Theil des Untergrundes entwickelt, und dass die Mächtigkeit der darüber gelagerten, zum grössten Theil bleisandartigen Schicht genau der Tiefe des mullartigen Obergrundes auf derselben Oertlichkeit entspricht.

Verfolgt man indessen die Uebergänge genauer, sucht man Oertlichkeiten auf, wo man bisweilen in kurzen Entfernungen von typischen Mullbildungen auf die ausgeprägtesten Torfbildungen mit mächtiger und steinharter Rotherde stösst, wie diese in der Regel in minder trockenem bis frischem und feuchtem Haideboden vorhanden ist, so erkennt man mehrere Nuancen im Uebergange, wie dies z. B. auf der Grenze zwischen dem Viborg Krat und der Viborger Haide der Fall ist. Auf der nordöstlichen Seite des Viborg Krat, in der Nähe der Försterwohnung, geht eine Hügelbildung unmerklich in die anstossende Ebene über, und die Grenze des hübschen Gehölzes nähert sich hier ungefähr dem Fusse des Hügels, so dass für das unbewaffnete Auge kein sichtbarer Unterschied[1]) bezüglich des Terrains innerhalb und ausserhalb der Grenzen des Gehölzes vorhanden ist, sowie auch der Untergrund den vorgenommenen Analysen zufolge an beiden Stellen derselbe ist; überhaupt liegt das Terrain verhältnissmässig niedrig, und der Boden ist feuchter als in den hoch liegenden Haiden. Wenn man hier ein Profil durch Graben von Löchern in einer Linie nach NO., ungefähr lothrecht auf die Grenzen des Gehölzes, untersucht, so zeigt der Boden alle Uebergänge zwischen den drei auf Taf. III in den Fig. 2, 3 und 4 dargestellten Stadien. Fig. 2 zeigt das Aussehen des Bodens 20 Ellen innerhalb der Gehölzgrenze: Unter einer Vegetation von Mullpflanzen und einer spärlichen Decke von Abfällen des Waldes liegt eine lockere, dunkle, griesige Oberfläche über einem mullfarbigen Obergrunde (a), der in einer Tiefe von 10 Zoll unmerklich in die oben beschriebene 8 Zoll breite, schwach rothbraun gefärbte Schicht (b) des Untergrundes übergeht. Fig. 3 giebt ein Bild vom Zustande des Bodens 20 Ellen ausserhalb der Gehölzgrenze. Die Vegetation besteht hier aus hohem Haidekraut, wie es auf junger Haide gewöhnlich der Fall ist, und der Boden ist mit einer üppigen Hypnumschicht, die auf alter Haide kaum vorkommt, bedeckt, ausserdem kommt hier Wachholder und Ginster vor. Die

---

[1]) Die Generalstabskarte zeigt doch hier vom Gehölz nach aussen hin ein Gefälle von 1 : 400 oder 1 : 450.

Oberfläche des Bodens besteht aus einer nicht besonders ausgeprägten oder zähen Torfschicht von sehr geringer Mächtigkeit: darunter liegt ebenso wie im Gehölz bis zu einer Tiefe von 10 Zoll ein mullfarbiger Sand, der jedoch etwas fester ist, beim Graben grössere Konsistenz zeigt, als der Obergrund des Gehölzes, und von einer grösseren Menge eingelagerter humoser Bestandtheile etwas dunkler gefärbt ist. Der hellste Farbenton in dieser Schicht liegt nicht, wie in der entsprechenden Schicht unter dem Mull, an der Grenze zwischen Obergrund und Untergrund, sondern näher der Mitte zu, indem der unterste Theil der Schicht, wie die Figur zeigt, wiederum eine grössere Anhäufung eingelagerter Humuspartikeln enthält und daher ein ähnliches Aussehen erhält wie ihr oberster Theil. Dann folgt wieder die oben besprochene bräunliche Schicht in der Oberfläche des Untergrundes, von ganz gleicher Mächtigkeit wie unter dem Mull des Gebüsches, aber intensiver gefärbt als dort.

Je weiter man in die Haide hineinkommt, je mehr wächst die Haidekruste an Mächtigkeit; im Obergrunde scheiden sich allmählich drei Schichten, eine oberste dunkle, humusfarbige, von Haidekrautwurzeln durchwebte, eine mittlere, dem Bleisande ähnliche, aber doch verhältnissmässig humusreiche Schicht und eine untere, welche wiederum intensiv dunkel oder ganz schwarzbraun ist. Der Gürtel im obersten Theil des Untergrundes wird immer dunkler gefärbt, und so kommen wir allmählich zu einem Profil von der in Taf. III Fig. 4 dargestellten Beschaffenheit, von der jeder erfahrene Haideforstmann erklären wird, dass sie eine der ungünstigsten Lokalitäten für Pflanzungen sei, welche die Haiden überhaupt darbieten. Unter einem Obergrunde von dem beschriebenen Aussehen liegt eine 12 Zoll mächtige, sehr harte und hier zugleich gewöhnlich feuchte, schwarzbraune Ortsteinbildung, welche nach oben durch eine unmerkliche Begrenzung in die Bleisandschicht übergeht, und nach unten in vielerlei Zeichnungen, bald als Zungen und Zapfen, bald in Formen, die dem Profil ein fleckiges Aussehen geben, sich in den Untergrund verliert. Wenn man aber die Uebergangsformen nicht verfolgt hat, wird man nicht immer entdecken, dass diese Ortsteinschicht eigentlich aus zweien besteht, und dass die Grenze zwischen beiden genau auf der Stelle liegt, wo die Grenze zwischen dem Obergrunde und dem Untergrunde des Mullbodens im Gehölze sich zeigte. Der oberste Theil dieser Schicht, der nach oben allmählich in den Bleisand übergeht, besteht vorzugsweise aus Humuskohlen, abgelagert

zwischen schneeweissen Sandkörnern von ganz derselben Beschaffenheit wie die des Bleisandes. Diese eingelagerten Humuspartikeln nehmen nach unten an Menge zu und bilden oft eine Masse von vollständig torfartigem Charakter, manchmal mit Haidekrautwurzeln ganz durchwebt, welche in dem darüber liegenden Bleisande nur äusserst spärlich vorkommen. Die untere Partie dagegen, deren Begrenzung nach oben der Oberfläche des Untergrundes entspricht, hat einen ganz anderen Charakter. Hier sieht man nur selten, gewöhnlich gar nicht, die weissen Sandkörner hervorschimmern; diese sind alle von braunen oder schwarzbraunen Krusten von Humussäuren oder humussauren Verbindungen umhüllt und die Färbung nimmt ab nach unten hin, bis sie zuletzt ganz verschwindet. Diese beiden Schichten bilden zusammen den Ortstein; der obere Theil der Schicht ist aber weit weniger konstant als der untere, ist oft von äusserst geringer Ausdehnung und immer auf den feuchteren Stellen der Haiden am stärksten entwickelt. Emeis stellt in einigen seiner hübschen und korrekten Profile von Haideboden Bildungen dar, welche theils den durch Fig. 4 illustrirten,[1]) theils noch weiter fortgeschrittenen[2]) Stadien entsprechen.

Der hier geschilderte Zustand des Bodens in verschiedener Entfernung von der Gehölzgrenze gegen NO. findet seine Ergänzung in den Verhältnissen einer benachbarten Lokalität, des Findskov Krat. Dort hatte der Boden der Hauptsache nach den Charakter der Haideebene, hier befindet man sich in der hügeligen Haide; dort giebt es keinen sicheren Beweis, dass sich der Wald in einer nicht entfernten Vorzeit über die jetzigen Haidepartien erstreckt habe, hier finden wir ein Eichenkrüppelwuchs, der sich bis zu einem in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts verwüsteten ansehnlichen Wald erstreckt, wo noch im Jahre 1880 unverrottete Eichenstümpfe von 1—2 Fuss Durchmesser, die über dem Haidekraut emporragten, zu sehen waren; aber beiden Oertlichkeiten gemeinsam ist eine etwas grössere Frische des Bodens, als man sie an vielen anderen Stellen der Haiden antrifft, und wir finden auf der letzteren Oertlichkeit ganz dieselben Bodenbildungen mit den entsprechenden Uebergängen, wie wir sie soeben bei der ersteren ausführlich ge-

---

[1]) C. Emeis, Waldbauliche Forschungen und Betrachtungen, Berlin 1875; Taf. II Fig. 5.

[2]) A. a. O. Taf. IV, Fig. 4 und Taf. 5.

schildert haben. Der Boden unter einem 4 Fuss hohen und 6 Fuss breiten kleinen Eichenbusch, in Entfernungen von je 3 und 100 Ellen vom Rande des Gebüsches giebt Profile, die mit den aus der Umgegend des Viborger Gehölzes entnommenen und auf Taf. III Fig. 2, 3 und 4 dargestellten gänzlich übereinstimmen; indessen war der ausgeprägte Haideboden nicht so humusreich und der Ortstein nicht völlig so dunkel und dick wie auf Fig. 4.

Wenn man sich unserer Beobachtungen über den Verfall des Eichenwaldes und seiner Umwandlung in Krüppelwuchs und isolirte Büsche auf der Haide erinnert, wenn man sieht, wie der Mull fast ausschliesslich an Wald und Gestrüpp geknüpft ist, wie die Ausdehnung beider durch die üble Behandlung, die ihnen von Seiten der Natur und der Menschen im Laufe der Zeit zu Theil wurde und noch immer wird, so scheint es mir, dass man mit so grosser Sicherheit, wie sie Analogieschlüsse überhaupt gewähren — und eine andere Schlussform steht ja hier, wo das Experiment ausgeschlossen ist, der Forschung nicht zu Gebote —, annehmen kann, dass die Uebergänge zwischen Mullboden und Haidetorfboden, welche verschiedene Partien der geschilderten Oertlichkeiten darbieten, zugleich Uebergänge in der Zeit der Veränderung dieses Bodens von Mull zu Torf angeben. Wenn die Waldvegetation beschränkt wird, so wird in diesen Gegenden gemeiniglich die Mullbildung von der Torfbildung abgelöst, und Uebergangsstadien sind es, die wir im Boden antreffen, sowohl am Rande der Krattbüsche, als wenn wir unsere Profile von der Waldgrenze in die Haide hinein eröffnen. Der Verfall des Eichenwaldes und seine Umwandlung in Haide ist daher nicht bloss der direkten Einwirkung des Westwindes auf die Bäume, sondern auch einer sehr bedeutenden und der Waldvegetation verderblichen Umwandlung des Bodens zuzuschreiben. Unser Schluss beruht auf der Voraussetzung, dass der nicht voll ausgeprägte Haidetorfboden im Allgemeinen jünger ist, als der stark entwickelte, sowie auch, dass der Wald hier früher als dort verschwunden ist, und alle unsere Beobachtungen berechtigen uns zu dieser Annahme.

Der Boden des Eichengestrüpps kann oft auf einem kleinen Areal den Umwandlungsprozess nachweisen. Wir haben schon gesehen, dass auf trockenem Terrain in Eichenwäldern, die in Verfall gerathen sind, torfartige Schichten auf der Erdoberfläche entstehen können, und ganz dieselben Verhältnisse lassen sich, wie schon früher angedeutet, bei dem isolirten Gebüsch auf den Haiden wiederfinden.

Bei weitem nicht alle solche Krattbüsche bedecken doch einen mullartigen Boden, sondern man findet alle Uebergänge zwischen Mull und Torf auch unter dem Schirm dieses Gestrüpps. Wenn sein Schirm sich nach unten zu lichtet, oder wenn die Krone zu verdorren beginnt, so dringen von den Seiten her zuerst Heidelbeeren, später die Bärentraube und endlich Haidekraut und Rauschbeerbüsche unter den Schirm hinein, und die Mullpflanzen weichen weiter nach den am besten beschatteten Stellen zurück. Der Heidelbeere und dem Haidekraut folgt die Torfbildung auf dem Fusse nach, erst schwächer, dann immer stärker, bis die Haidebildung zuletzt das ganze Terrain des Krattbusches erobert. Es ist höchst interessant zu beobachten, dass man unter einem solchen, nur einige Fuss hohen Busch auf der Haide auf einem Areal von 10—20 Quadratellen dieselbe Reihe von Zuständen während der Umwandlung des Bodens wiederfindet, wie wir sie im Halder Eichenwald auf einem Terrain von mehreren Hundert Hektar beobachtet haben, und die Ursachen sind dieselben, nämlich die Ausbreitung einer torfbildenden Vegetation bei geschwächter Beschattung und Beschirmung des Bodens.

Torfbekleideter Haideboden ohne Bleisand- und Ortsteinbildungen. — Es soll hier nur noch kurz berührt werden, worauf wir später zurückkommen werden, dass in unserem Lande ausnahmsweise Haiden mit torfähnlichen humosen Ablagerungen auf der Oberfläche vorkommen, ohne dass die auf den jütischen Haiden auf vielen Quadratmeilen niemals fehlenden Schichten von Bleisand und Ortstein damit verknüpft sind. Wir finden diese Erscheinung theils stellenweise auf kalkreichem Boden, theils auf der Haidestrecke Bornholms, die „Allmende“ genannt, wo eine dünne, gemeiniglich lehmige Erdschicht über dem Granit gelagert ist. Der nicht sehr stark ausgeprägte Haidetorf ist hier von einer geflammten Zeichnung in dem darunter liegenden Boden begleitet, die durch in den Rissen und Spalten des Lehms eingelagerte Humussäuren und Humuskohlen hervorgebracht ist; bisweilen ist der Boden auch von humussauren Verbindungen dunkel gefärbt. Wo sich aber in diesen Gegenden kleine Sandhügel auf der Oberfläche finden, oder wo die Erdschicht, wie auf grösseren Strecken in den Pflanzungen bei Rö, mehr Sand enthält und in grösserer Mächtigkeit über dem Fels gelagert ist, da werden ganz gewöhnlich Bildungen ähnlicher Art, wie sie von Jütlands Haiden her bekannt sind, wiedergefunden.

Beobachtungen über den Boden unter anderen Vegetationsformen.

Zum Verständniss der vorstehenden Schilderungen der Bodenverhältnisse in Eichenwäldern und Haiden wird es von Nutzen sein, dieselben mit Beobachtungen des Bodens unter anderen natürlichen Vegetationsformen zu vergleichen. Wir wenden uns zuerst zu den im ersten Abschnitt dieser Studien behandelten Verschiedenheiten in der obersten Bodenschicht des Buchenwaldes.

Der Boden in den Buchenwäldern. — Die nicht unansehnliche Reihe von Beobachtungen, welche Verf. in den seit der Herausgabe des ersten Theils dieser Arbeit verlaufenen fünf Jahren über den Boden in den Buchenwäldern anzustellen Gelegenheit hatte, hat in jeder Beziehung die Richtigkeit der über die Formen der humosen Ablagerungen im Buchenwalde aufgestellten Sätze bestätigt. Man wird sich erinnern, dass dieselben in den Hauptzügen Folgendes enthielten: In den Buchenwäldern kann der Boden sowohl von lockerem Mull von griesiger Struktur auf der Oberfläche, als von festem und zähem Torf bedeckt sein, welcher hauptsächlich aus der Abfallmasse des Buchenwaldes besteht, die zu einem dichten Gewirr von feinen Buchenwurzeln und einem langsam destruktibeln Pilzmycelium zusammengewebt ist. Der Obergrund unter dem Mull ist eine gleichartig gefärbte, vollständig lockere und ziemlich homogene, in höherem oder geringerem Grade von Humusstoffen und Humusverbindungen gefärbte Masse, die doch insgemein an Menge und Farbenintensität mit der Tiefe abnimmt. Der Obergrund unter dem ausgeprägten Torf ist zumeist fest, bisweilen sehr fest, je nach der Beschaffenheit der Gemengtheile des Bodens, sowie der Mächtigkeit und dem Alter der Torfbildung; derselbe ist in eine obere bleisandartige und eine untere rotherde- oder ortsteinartige Schicht geschieden.

Die erneuerten Untersuchungen beschränken nur auf einem einzigen Punkte die Richtigkeit dieser Sätze, indem ich nämlich Buchentorfbildungen gefunden habe, ohne dass diese von Bleisand oder Ortstein begleitet waren. Diese Beobachtung, die, wie wir später sehen werden, ein nützliches Licht auf die Ortsteinbildung zu werfen scheint, wurde im Buderupholmer Distrikt angestellt. In dem nördlichen Theil dieser grossen und interessanten Waldpartie, welche gewöhnlich „Rold Skov“ genannt wird, tritt der Kalk der älteren dänischen Kreideformation so nahe an die Oberfläche, dass die Maulwurfshaufen sehr oft weiss sind. Dies ist namentlich im Bjergeskov

und Nordskov, welche die mächtigen, das Thal des Rold-Baches nach SO. begrenzenden Hügelpartien einnehmen, und in Skjörpinglund der Fall. Der Kalk ist hier gewöhnlich von einer Schicht mageren, äusserst lehmarmen Geschiebesandes von verschiedener Mächtigkeit bedeckt, allein die grosse Menge von Kieselstücken, die sie enthält, zeugt von dem Antheil, den die Kreideformation an der Bildung dieser Diluvialschichten gehabt hat. Dieser trockene und warme, zum Theil auch magere Boden ist an vielen Stellen mit Mull von ganz derselben Beschaffenheit wie der Sandmull in den Eichenwäldern bedeckt, wie namentlich auf den nördlichen und nordwestlichen Abfällen des Bjergeskov. Hier sind die Buchen von gutem Wachsthum, haben oft weisse Stämme und nehmen nur da ungünstigere Formen an, wo der Einfluss des Westwindes fühlbar wird. Aber an anderen Stellen, namentlich auf den Höhen und gegen O., in der Nähe der Eisenbahn, ist das Aussehen der Buchen kein gutes, der Boden ist nicht mit Mull bedeckt, sondern fest und trocken. Eine nähere Untersuchung zeigt, dass die Erde mit einer dichten und festen torfähnlichen Schicht überzogen ist, in der sich die Wurzeln der Buche verzweigen, wie in gewöhnlichem Buchentorf; ich habe sie aber niemals die Mächtigkeit erreichen sehen, zu welcher sich die ausgeprägten Bildungen dieser Art gewöhnlich erheben. Sie hat überdies eine andere Farbe als diese, denn sie ist braun oder sogar hellbraun; ich habe an solchen Stellen niemals die fast schwarze oder kaffeebraune Farbe gesehen, welche den typischen Buchentorf oft auszeichnet. An der Stelle des Bleisandes ist hier ein heller mullfarbiger Obergrund, der sehr fest ist wegen des unendlich feinen Netzes von Pflanzenwurzeln, todten und lebenden, welche die Schicht durchweben, und diese geht ohne Rotherdebildung unmerklich in den sandigen oder kiesigen und feuersteinreichen Untergrund über. Diese eigenthümliche, helle (d. h. humussäure-arme), torfartige Bildung habe ich nirgends anderswo gefunden, als da, wo die Nähe des Kalks vermuthen liess, dass der Sand an diesem Stoff reicher sein müsse, als der Geschiebesand im Allgemeinen. In derselben Waldpartie, ungefähr eine Meile vom Bjergskov, war bei meinem Besuche im Sommer 1880 vor Kurzem (im Mylenberger Wald in der Nähe des Jägerhauses) ungefähr mitten auf der Böschung der bedeutenden Höhen, welche das Roldbach-Thal gegen O. begrenzen, ein Weg angelegt. Hier liegt die Kreide von über 200 Fuss mächtigen Schichten von Geschiebesand bedeckt und hat offenbar — was das

seltnere Vorkommen der Feuersteine zeigt — nicht so in den Sand hineingemischt werden können, als da, wo dieser nahe an der Oberfläche liegt. Der kürzlich ausgegrabene Weg, der ein vortreffliches Profil von sehr ansehnlicher Länge und durchschnittlich ungefähr 4—6 Fuss Tiefe in dem Hügel eröffnete, gab mir die Ueberzeugung, dass die hier vorkommende mächtige Torfbildung im Walde von durchaus normaler Beschaffenheit und wie gewöhnlich von starken Bleisand- und Ortsteinschichten begleitet war. Weiter gegen N. (z. B. in den gewaltigen Hügeln von Oblev-Tved) tritt der Kalk wieder näher an die Oberfläche und hier zeigt sich auch zwischen unendlichen Massen von grauem Feuerstein aus der neueren Kreide dieselbe dünne, helle und abnorme Torfbildung wie in der Umgegend des Bjergeskov wieder, wo die überwiegend schwarzen Feuersteinbrocken zeigen, dass die Unterlage von der Schicht der älteren Kreide gebildet wird.

Wie wir später sehen werden, ist es füglich anzunehmen. dass diese Bildungen von Buchentorf ohne Bleisand und Ortstein ganz den oben besprochenen, in der Allmende auf Bornholm vorkommenden Schichten von Haidetorf analog sind, unter welchem die genannte Differenzirung im Boden gleichfalls fehlt.

Die Humusform der Fichtenwälder. — In der ersten Abtheilung dieser Arbeit ist beiläufig bemerkt worden, dass auch in Fichtenwäldern Torfbildungen vorkommen können.

Unter älteren Fichtenbeständen auf besserem Boden ist derselbe in der Regel von einem ziemlich lose liegenden Moosteppich bedeckt, welcher die Abfallmasse des Waldes in sich aufnimmt. Unter dieser befindet sich ein lockerer, dunkler Mull von normal griesiger Beschaffenheit, in welchem die Regenwürmer einen grossen Theil des Umbildungswerks ausführen, und sowohl die körnige Mullschicht, als der dort vorkommende Ober- und Untergrund verhält sich ganz ebenso wie im Buchenwalde. So ist z. B. der Boden im westlichen Theil des grossen Fichtenbestandes im Gels Walde bei Kopenhagen beschaffen.

Wenn man aber in diesem Fichtenwalde weiter geht, so kommt man von dem besseren Boden zu sehr mageren Sandhügeln mit coupirter Oberfläche. Hier merkt man sofort, dass man auf einer festeren Schicht tritt. Der Boden ist mit einer 2—3 Zoll dicken, zähen, mit feinen Fichtenwurzeln durchwobenen Schicht von Fichtennadeln bedeckt, und unter diesem Fichtentorf befinden sich eine

dünne Schicht Bleisand und ein deutlicher, wenn auch nicht stark ausgeprägter Streifen Rotherde von 1—2 Zoll Mächtigkeit. Die Geschichte des Waldes sowie die Beschaffenheit der Schichten selber machen es unzweifelhaft, dass sowohl der Bleisand, als die Rotherde sich in der Zeit, in welcher die Fichten diesen Boden bedeckten, also in ca. 50 Jahren, entwickelt hat. Es befinden sich zwischen dem Fichtentorf und dem Bleisande keine Reste von einer anderen Vegetation, unter deren Abfall die beiden Schichten in der Erdkruste sich hätten bilden können. Der Fichtentorf ist hell, enthält kaum so viel Humussäure wie der Buchentorf und der Haidetorf und ist auch nicht so fest wie diese; überdies vermögen die Fichtenwurzeln kein so dichtes Gewirr im Torfe zu bilden, wie die Wurzeln der Buche und des Haidekrauts es zu entwickeln pflegen. Auch beim Fichtentorf spielen ohne Zweifel Pilzmycelien eine zusammenbindende Rolle; ich habe aber hier die schwer vergänglichen braunen und schwarzen Cladosporium-Mycelien nicht so durchgängig und in solcher Menge auftreten sehen, wie im Buchentorf.

Der Fichtentorf kommt in unseren nordseeländischen Staatsforsten auf magerem und trockenem Boden in grosser Ausdehnung vor. Er ruht hier oft auf mächtigen Bleisand- und Ortsteinbildungen, worauf wir unten zurückkommen werden; wo es sich aber bei aufmerksamer Untersuchung zeigt, dass der Fichtenwald nicht auf Torfbildungen, die von einer anderen Vegetation hervorgerufen sind, erstanden ist, da sind die Bleisand- und Rotherdeschichten von geringer Mächtigkeit und wenig ausgeprägt, wie die oben beschriebenen im Gelsskov.

In einem anderen nordseeländischen Walde (Teglstrup Hegn) befindet sich ein kleines Areal, welches höchst lehrreich ist mit Bezug auf das Vermögen der verschiedenen Baumarten, die Torfbildung und die Schnelligkeit ihrer Entwickelung zu fördern. In der Nähe des Kobberdamshauses befindet sich eine noch von einem Erdwall umgebene, alte, längst aufgehobene Baumschule. Die Bäume, die hier stehen, stammen ohne Zweifel von einem Rest der Baumpflanzen her, die hier früher auf den Pflanzenbeeten standen; die Hälfte der Bäume besteht aus Fichten, die Hälfte aus Eichen, alle aber im Alter von 35—40 Jahren. Unter den Eichen findet sich Mull, wenn auch nur in geringer Menge, während sich unter den Fichten eine deutlich beginnende Torfbildung zeigt, deren Schicht oft die Dicke eines Zolls erreicht und hie und da schon einen ganz schwachen

Bleisandstreifen in der Oberfläche des Bodens hervorgerufen hat. Da dieser Boden über das ganze Areal unzweifelhaft in durchaus gleicher Weise bearbeitet worden ist und zu gleicher Zeit die beiden Baumarten empfangen hat, so bietet sich hier ein sehr bezeichnendes Beispiel von dem verschiedenen Einfluss derselben auf die Beschaffenheit der Bodenoberfläche dar.

Durch königliche Resolution vom 10. November 1783 wurden ca. 100 Hektar von dem sogenannten Helsingörs Overdrev (Gemeindeanger) zur Waldanpflanzung eingezogen. Dies Terrain ist jetzt grossentheils mit einem 70—80jährigen Fichtenwald bestanden, der an einigen Stellen zu einer sehr guten Entwickelung gekommen ist, während er an anderen Stellen in einer Weise mangelhaft ist, die keinen Zweifel darüber aufkommen lässt, dass die Unregelmässigkeiten einer mangelhaften Kultur zuzuschreiben sind. Bei meinen Studien über den Fichtentorf in diesem Terrain, das sehr coupirt ist und hauptsächlich aus isolirten, durch Torfmoore von einander getrennten Höhenrücken und Hügeln besteht, wurde ich auf ein Verhältnis aufmerksam, das ein sehr interessantes Licht auf eine andere Seite der Torfbildung wirft. Auf den höchsten und trockensten Hügeln befindet sich unter dem im Laufe einer ungefähr achtzigjährigen Vegetationszeit gebildeten Fichtentorf eine mächtige schwarzbraune Torfschicht, die bei einer sorgfältigen Untersuchung zu oberst Reste einer Haidekrautvegetation und darunter Reste einer Buchenvegetation zeigte. Unter dieser 6—8 Zoll dicken Schicht befindet sich eine ziemlich weisse, ebenso dicke Bleisandschicht und darunter ein steinharter Ortstein von so bedeutender Dicke, dass ich nicht hindurch graben konnte; er hatte wahrscheinlich eine Mächtigkeit von 10—16 Zoll, so wie ich sie auf anderen, besser zugänglichen Stellen in demselben Walde gefunden habe. Diese Beobachtung scheint mir die Richtigkeit meiner früher ausgesprochenen Bezeichnung für diese Bildung: eine Torfbildung auf dem Trockenen, zu bestätigen. Denn hier liegen auf dem Gipfel eines trockenen Hügels, oben auf dem Boden die Reste von sehr verschiedenen Vegetationen, die vielleicht seit mehr als 200 Jahren den Boden bedecken, abgelagert, ganz ebenso wie wir in unseren Torfmooren die Reste der auf und an dem Moor wechselnden Vegetationen finden.

Torf und Mull in Salzwiesen. — Um die Bedeutung der verschiedenen Bodenbildungen, die wir in Wald und Haide finden, zu verstehen, kann es zweckmässig sein, zugleich an anderen Orten,

an denen wir die natürliche Oberfläche des Bodens antreffen, Beobachtungen anzustellen. In unserem stark bebauten und bearbeiteten Lande giebt es ausserhalb der Wälder und Haiden nicht viele Oertlichkeiten, wo die Oberfläche des Bodens von der Behandlung der Menschen unberührt geblieben ist. Auf den nicht urbar gemachten steinigten Feldern und in unseren natürlichen Wiesen findet man, soweit ich sie zu untersuchen Gelegenheit gehabt habe, Mull mit seinem ganzen charakteristischen Verhalten in Bezug auf Struktur, Konsistenz des Obergrundes u. s. w. Mit den Salzwiesen verhält es sich dagegen in anderer Weise. Ich habe dieselben bei Hofmansgave im nördlichen Fühnen untersucht. Wo das Meerwasser bei eintretender Fluth die Wiesen überschwemmt, da sind diese mit Salzpflanzen, Halbgräsern u. dergl. bewachsen, und diese Vegetation bildet einen ca. 6—8 Zoll dicken, hellbraunen Torf über dem Meersande. Diese Bildung hat vollständige Aehnlichkeit mit gewöhnlichen Torfbildungen und besteht aus Abfallresten der Vegetation, die mit einem unendlich dichten Gewebe von Wurzeln der wachsenden Pflanzen zusammengebunden sind; die unteren Theile der Schicht sind stark zersetzt und bilden eine fettige Masse ohne grosse Zähigkeit. Vermöge ihrer hellen Farbe, die auf eine geringe Bildung von Humussäuren hinzudeuten scheint, kommt sie dem Fichtentorf und Buchentorf auf Kalkboden am nächsten. Ob die Ursache dazu in den eigenthümlichen Humifikationsprozessen der Vegetation selber zu suchen sei, welchem Umstande, wie ich vermuthe, namentlich der Fichtentorf seine helle Farbe und geringe Rotherdebildung verdankt, oder ob es daran liegt, dass der unter der Salzwiese liegende Sandboden vermöge der grossen Menge darin enthaltener Kalkschalen von Meerschnecken (namentlich *Mya arenaria* und *Cardium edule*) besonders kalkreich ist, muss ich wegen mangelnder chemischer Untersuchungen über diesen Punkt dahingestellt sein lassen; möglicherweise tragen diese beiden Momente im Verein zur Beschaffenheit der Schicht bei.

Hin und wider erheben sich kleine Inseln und Hügel in den Salzwiesen, die, obgleich sie nur wenige Zoll über dem Niveau der Wiese liegen, doch nicht wie diese unter der Einwirkung des Meerwassers stehen. Diese Punkte zeigen in auffallender Weise eine Abweichung von der umgebenden Fläche, indem sie einen von der Vegetation derselben ganz verschiedenen Pflanzenwuchs tragen, welcher zugleich auch längs dem Rande der Wiese auftritt, sobald

das Terrain sich etwas über den höchsten Wasserstand erhebt. Eine nähere Untersuchung des Bodens dieser höheren Partien zeigt, dass die Humusform hier vollständig charakteristischer Mull ist. Wenn man das Moos und die übrigen Pflanzen, die den Boden bedecken, entfernt, so kommt der grauliche Mull mit einer grossen Menge deutlicher Regenwurm-Exkremente und die charakteristische griesige Struktur der mullartigen Bodenoberfläche sogleich zum Vorschein. Die Humifikation geschieht hier, oft in einem Abstande von einigen Klaftern, in durchaus verschiedener Weise, und wir werden später sehen, welch durchgreifender Unterschied in der Flora und Fauna dieser Oertlichkeiten herrscht, obgleich der Boden an beiden Stellen aus Meersand besteht.

Der Untergrund unter Torfmooren. — Wenn meine im ersten Theil dieser Arbeit ausgesprochene Bezeichnung des Buchentorfes als das Resultat einer Torfbildung auf trockenem Boden richtig ist, und wenn die Rolle, die man, wie ich glaube, den im Torf gebildeten auflöslichen Humussäuren in Bezug auf die Entwickelung von Bleisand und Ortstein oder Rotherde beilegen muss, bestätigt werden sollte, so müssten sich ganz ähnliche Bildungen im Boden unter den eigentlichen Mooren nachweisen lassen, wo dieser von einer solchen Beschaffenheit ist, dass das Wasser, welches vom Moor in den Untergrund hinuntersickert, durch diesen hindurchdringen kann. Schon vom Anfang dieser Studien an hatte ich meine Aufmerksamkeit auf diesen Punkt gerichtet, aber erst im Sommer 1880 bin ich in den Besitz eines einschlägigen Materials zu dessen Untersuchung gelangt.

Den südlichen Theil des Vindumer Waldes im Viborger Staats-Fortdistrikt in Jütland nimmt ein, erst im Jahre 1846 erworbenes, ca. 100 Hektar grosses Areal ein, das vorzugsweise aus Eichengehölz und Haideland besteht, in welchem sich eine Anzahl tiefliegender, moorartiger Partien befinden. Unter einer ca. 9 Zoll dicken Haidekruste liegt zu oberst in dem feuchten Boden eine recht ansehnliche lehmige Bleisandschicht und unter dieser ist die oberste Schicht des lehmigen Bodens von einer unregelmässigen Rotherdebildung gefärbt, ganz gleich derjenigen, die ich auf anderen lehmigen Böden gefunden habe, und die als Profil IX pag. 26 beschrieben und abgebildet ist.

Eine andere untersuchte Partie ist ein ganz normales Hochmoor oder Haidemoor von recht ansehnlicher Grösse, aber geringer Tiefe; es war an den nicht entwässerten Stellen so nass, dass es

kaum zu passiren war. Auf einer Strecke von 4 Hektar war dieses Moor unmittelbar vor der Untersuchung vollständig mit grossen, 3—5 Fuss tiefen Gräben durchzogen worden, die 16 Fuss von einander entfernt lagen und nach zwei auf einander lothrechten Linien angelegt waren, so dass das ganze Grabennetz ein System von Quadraten bildete; die Gräben reichten vom einen Ufer des Moores bis zum anderen und hatten auf einen grossen Theil des Areals nicht allein die ganze Torfmasse durchbrochen, sondern waren auch eine Strecke in die Unterlage hineingeführt. Es war also möglich, die untersten Schichten des Moors auf einem so ansehnlichen Areal, wie 4 Hektar, recht vollständig zu untersuchen. Es zeigte sich hier, dass sich unter einer Torfschicht, deren durchschnittliche Mächtigkeit ungefähr $2^1/_2$ Fuss betrug, und welche keine Baumstämme enthielt, eine normale Bleisandschicht von bis $1^1/_2$ Fuss Dicke und darunter eine sehr harte, von Humussäuren gefärbte Rotherde von so grosser Tiefe befand, dass sie im Allgemeinen nicht von den Gräben durchbrochen war; ein tieferes Eingraben in diesen brachte, einen Fuss tiefer, noch nicht den reinen ungefärbten Untergrund zu Tage. Auf einzelnen Strichen erhoben sich aus dem Sande grössere und kleinere inselartige Partien von einem „blauen" plastischen Thon. Hier ruhte der Torf unmittelbar auf dem Thon; die Bleisandbildung fehlte, aber die oberste Thonschicht war marmorirt von humosen Stoffen, welche hin und wider in Adern in die dem Torf zunächst liegende Schicht hineingedrungen waren, wodurch diese dasselbe Aussehen wie der plastische Thon unter der Bleisandschicht in dem oben erwähnten Profil IX erhielt. Das humussäurehaltige Wasser hat hier wahrscheinlich nach den Seiten hin durch die umgebenden, weit mächtigeren, entfärbten Sandschichten einen Ablauf erhalten, und der Thon ist kein Leiter der Wasserbewegung geworden. Es scheint mir, dass die Verhältnisse auf dieser Oertlichkeit in hohem Grade zur Bestärkung der Analogie zwischen trockener Torfbildung und Moor-Torfbildung beitragen.[1])

[1]) Die Annahme liegt nahe, dass man in den Schichten von Kohlen, eisenarmem feuerfestem Lehm und kohlenhaltigem Eisen der Kohlenlager eine Analogie für beziehentlich Torf verschiedener Art und die darunter vorkommenden Schichten von eisenarmen und eisenhaltigen Verbindungen finden könnte. Obwohl es mir als höchst wahrscheinlich vorkommt, dass eine solche Analogie sich berechtigt erweisen werde, wage ich doch hier nur diese Annahme der

Bleisand- und Ortsteinbildungen in versumpften Wäldern mit sandigem Boden. — Im Falsterschen Staatsforstdistrikt im Hanenover Wald und vielleicht auch im Jägerspriser Forstdistrikt (Nordskoven)[1]) in der Horn Harde auf Seeland befinden sich deutliche, wenn auch nicht sehr stark entwickelte Bleisand- und Ortsteinbildungen, die an eine etwas andere Form humoser Ablagerungen, als die oben beschriebenen geknüpft sind. Eine eigentliche Torfbildung ist nicht vorhanden, wenigstens nicht im Hanenover Walde, aber das flache waldbewachsene Terrain, das vorzugsweise aus feinem Sande über einem undurchlassenden Untergrunde besteht, ist versumpft gewesen, so dass die Oberfläche des Bodens den grössten Theil des Jahres hindurch nass gewesen ist, ohne dass jedoch eine wirkliche Torfbildung stattgehabt hätte. Nun sind diese Wälder zwar entwässert, aber die Tradition erinnert sich der Zeit, die nicht über ein Menschenalter zurückliegt, wo sie mit Ausnahme der allerwärmsten Sommerzeit fast unzugängliche Moräste waren. Ich vermuthe, dass diese Strecken, unter deren natürlicher Vegetation namentlich Adlerfarne und Seggenbüschel in die Augen fallen, nicht nass genug gewesen sind, um eine Torfbildung zu gestatten, aber doch zu feucht, um eine normale Entwickelung von eigentlichem Mull hervorzurufen, und dass die Feuchtigkeit die Bildung von Humussäuren bis zu einem solchen Grade begünstigt hat, wie sie gemeiniglich nur da erreicht wird, wo das Terrain mit wirklichem Torf bedeckt ist.

Der Einfluss des organischen Lebens auf den Boden.

Die Pflanzen. — Aus den oben mitgetheilten Beobachtungen wird, wenn man sie mit dem im ersten Theil dieser Schrift Angeführten zusammenhält, hervorgehen: theils, dass die Vegetations-

---

näheren Prüfung anheimzugeben, da ich in den Spezialwerken über Lagerungen von neueren und älteren Kohlen, welche ich habe nachsehen können, die gegenseitige Reihenfolge der genannten Schichten nicht so konstant gefunden habe, dass sich nicht auf verschiedenen Punkten ein Zweifel an der Richtigkeit der Analogie erheben liesse.

[1]) Diese letztere Oertlichkeit kenne ich nur oberflächlich; ich fand aber die Analogie mit den Verhältnissen im Hanenover Wald so schlagend, dass ich kein Bedenken trage, dieselben zusammen zu stellen.

form auf die Beschaffenheit der humosen Ablagerungen Einfluss hat, theils dass der Charakter dieser letzteren wiederum auf die typische Physiognomie der Flora einen Einfluss ausübt.

Was den ersten Punkt betrifft, so kenne ich keine Vegetation, deren Abfallmassen stets in der Gestalt von Torf auf dem Boden abgelagert werden, aber unverkennbar ist es, dass gewisse Vegetationsarten leichter und gewöhnlicher zur Torfbildung Anlass geben, als andere, ja es giebt einige, für welche der Torf die am häufigsten vorkommende Form ist, während diese bei anderen selten ist.

Zu den torfbildenden Pflanzen gehören vor allen Dingen die Repräsentanten der Haidekrautfamilie in unserer Flora, namentlich das gemeine Haidekraut (*Calluna vulgaris*), dann aber auch die Heidelbeerpflanze (*Vaccinium Myrtillus*) in unseren Wäldern, und vielleicht auch die Glockenhaide (*Erica Tetralix*). Von den Waldbäumen ist es die Buche, die am leichtesten zur Bildung von Torf Anlass giebt, welcher häufig, bei übrigens gleichen Verhältnissen, in den Buchenwäldern in mächtigeren Schichten auftritt, als auf den Haiden. Wir haben dann auch gesehen, dass der Abfall der Fichte Torf bilden kann, wenn auch dieser Baum nicht zu so mächtigen und ausgeprägten Rotherdebildungen, wie der Torf der vorher genannten Pflanzen Anlass geben kann. Endlich berichtet der Böhme Purkyné (s. weiter unten), dass auch in Kieferwäldern Torf vorkommen kann; aber obgleich ich selbst nicht Gelegenheit gehabt habe, über diese Bildungen, welche man schwerlich in Dänemark finden wird, Beobachtungen anzustellen, so glaube ich doch sicher annehmen zu dürfen, dass der Torf, der in Kieferwäldern des Auslandes vorkommen kann, und den ich dort auch gesehen habe, nicht unter Mitwirkung des Wurzelgewebes der Waldbäume selber, sondern von der Bodenvegetation an Heidelbeeren und Haidekraut, welches oft unter dieser Baumart auftritt, gebildet worden ist. In den wenigen ältereren Kieferwäldern Dänemarks (dem Brommer Wald bei Sorö, dem Hornbäcker Wald und dem Tidsvilder Gehege) habe ich keine Torfbildungen unter der Kiefer gefunden, obgleich der Boden dieser Waldungen zur Entwickelung dieser Humusform besonders geeignet scheint.

Ferner scheint der Eichenwald nur ausnahmsweise Torf bilden zu können; an den vereinzelten Stellen, wo diese Humusart in Eichenwäldern auftritt, rührt das Wurzelgewebe, welches an der Bildung theilnimmt, ohne Zweifel von der Bodenvegetation her, und

die Hauptmasse der Schicht besteht, wenigstens bei mächtigeren Bildungen, nicht aus unvollständig zersetzten Abfällen des Waldes, die zu Torf zusammengewebt sind, sondern hauptsächlich aus einem feinen organischen Detritus, der wahrscheinlich von dem Thierleben des Waldes über der Erde hervorgebracht ist.

Wahrscheinlich ist die Ursache des torfbildenden Vermögens der verschiedenen Vegetationen ziemlich komplizirter Natur, aber eine bedeutungsvolle Eigenschaft ist doch allen Pflanzen, deren Abfälle häufig als Torfmasse abgelagert werden, gemein, nämlich ihr Bestreben, auf trockenem Boden Wurzelgewebe in der Erdkruste selber zu bilden. Dies ist schon früher bezüglich der Buche näher nachgewiesen worden, es gilt in noch höherem Grade von den Haidepflanzen, namentlich dem Haidekraut, sowie auch, wenn schon in geringerem Grade, von der Fichte, aber durchaus nicht von der Eiche und der Kiefer. Die erstere scheint der einzige unserer inländischen Waldbäume zu sein, der trotz seiner Herrschaft auf einer mageren und äusserst trockenen Oertlichkeit durch Jahrtausende hindurch nur selten Torf hervorruft und niemals ein dichtes Wurzelgewebe in der Erdkruste bildet. Da wir gesehen haben, einen wie ausserordentlich wesentlichen Bestandtheil des Torfes das Wurzelsystem der herrschenden Vegetation im Allgemeinen ausmacht, und in welchem Grade es zur Dichtigkeit und Zähigkeit desselben beiträgt, so darf man sicher annehmen, dass die gedachten Eigenthümlichkeiten bei den Pflanzen dieser Vegetationsformen ein Hauptmoment zur Erklärung ihrer Geneigtheit zur Torfbildung abgeben, ohne dass natürlich dabei in Abrede gestellt sein soll, dass die chemische Beschaffenheit ihrer Abfallmassen die Bildung dieser Schichten begünstigen mag, was vielleicht besonders bei der Fichte der Fall ist, deren Wurzeln nicht dieselbe Rolle im Torfe spielen wie die Wurzeln der Buche und des Haidekrauts; die im Teglstruper Gehege gemachte Erfahrung, wo gleichaltrige Bestände von Fichten und Eichen denselben Boden bestanden, aber eine verschiedene Humusform hervorgerufen hatten, ist ein bezeichnendes Beispiel des verschiedenen Vermögens der Vegetationen, Torfbildung zu erzeugen.

Die Rolle, welche die angeführten baumartigen Pflanzen mit oberflächlichem Wurzelsystem bei der Torfbildung spielen, ist unzweifelhaft eine doppelte, indem theils die Abfallmasse zu einem dichten Gewebe von Wurzelverzweigungen verbunden, theils die

Erdkruste stark ausgetrocknet und dadurch für die humusbildende Erdfauna in geringerem Grade bewohnbar wird. Dabei darf man jedoch nicht die oben besprochenen Torfformen in den Eichenwäldern und in den Salzwiesen vergessen. Die ersteren sind Ablagerungen auf Oertlichkeiten, welche zu den trockensten in unserem Lande gehören, die letzteren sind Anhäufungen auf Stellen, wo das mullbildende Thierleben durch andere Faktoren als die Trockenheit ferngehalten wurde, wie wir später sehen werden.

Es ist endlich unzweifelhaft, dass Pilzmycelien eine sehr hervorragende Rolle bei der Bildung des Torfes spielen und in hohem Grade dazu beitragen, der Schicht ihre Dichtigkeit und Zähigkeit zu geben. Wir haben früher auf die ausserordentlich grosse Bedeutung aufmerksam gemacht, welche in dieser Beziehung den langsam vergänglichen, braunen und schwarzen Mycelienfäden von cladosporienähnlicher Form zugeschrieben werden muss; aber dazu kommt noch ein Heer von Mycelien anderer saprophyter Pilze, wenig bekannte Formen von fast unbekannter Lebensweise und Wirkung, deren massenhaftes Auftreten nur ganz im Allgemeinen die grosse Bedeutung derselben ahnen lässt, und deren verbindender und verdichtender Einfluss auf die Masse des Torfes sich nicht bezweifeln lässt. In dem ausgeprägten Mull fehlen diese dichten und zähen Pilzgewebe gänzlich, oder sie treten doch nur sporadisch auf und vermögen nicht die Bodenoberfläche zu verbinden. Eine ähnliche Rolle wie die Pilzmycelien spielen, wie oben erwähnt, der Moosthallus und die Gewebe ähnlicher niedriger Pflanzen in der obersten Erdkruste.

Dass die ungleichen Eigenschaften des Mullbodens und des Torfbodens oft der Vegetation eine verschiedene Physiognomie verleihen, indem sie ganz verschiedene Lokalfloren hervorrufen, ist schon in der ersten Abtheilung dieser Arbeit bezüglich des Buchenwaldes nachgewiesen worden. Dieser Unterschied macht sich auch im Eichenwalde bemerkbar, wo die spärlichen Torfpartien nicht die Blumenpracht des Mullbodens tragen und sich namentlich durch eine Heidelbeervegetation nebst *Trientalis europaea*, *Majanthemum bifolium* und der seltener auftretenden *Potentilla Tormentilla* und *Melampyrum pratense* auszeichnen. Bei den Haiden tritt der Unterschied weniger stark hervor, da das herrschende Haidekraut sich sowohl über den Torf als über den Mull erstreckt; aber eine genauere Untersuchung wird doch zeigen, dass die Flechten selten auf Mull vorkommen oder

ganz fehlen, und dass die Rauschbeere (*Empetrum nigrum*) auf den mullartigen Haiden entweder durchaus nicht vorhanden ist, oder doch wenigstens hier bei weitem nicht dieselbe Rolle spielt, wie auf der alten Haidekruste. Dagegen sind grössere Hypnumarten, welche auf den alten Haiden selten vorkommen, oft in grosser Menge auf dem Haidemull vorhanden.

Die Unterschiede in der Flora sind leicht begreiflich, wenn man sich der durchgreifenden Verschiedenheiten, welche hinsichtlich der Beschaffenheit der Erdkruste bei den beiden Humusformen stattfinden, erinnert. Die verschiedene chemische Beschaffenheit des Bodens ist schon früher besprochen worden und ist leicht zu verstehen; aber es dürfte nicht ohne Interesse sein, Zeugnisse dafür anzuführen, dass die verschiedene Konsistenz der beiden Bodenformen selber auf die Beschaffenheit der Flora Einfluss haben kann, und dass Verhältnisse, von denen man glauben sollte, dass sie nur für die Entwickelung des Thierlebens Bedeutung haben könnten, auch an und für sich hinreichen, um einen durchgreifenden Einfluss auf den Pflanzenwuchs auszuüben.

Dass ein Boden, je nach seiner Konsistenz, ohne irgend welchen Unterschied in der mineralogischen Beschaffenheit eine verschiedene Flora haben kann, davon bietet der Pflanzenwuchs in den Dünenpartien der Haiden und den ihnen entsprechenden Sandblössen ein interessantes Beispiel. Auf den durch den Wind blossgelegten Sandpartien ist die erste Pflanze, welche die Oberfläche bindet, ein kleines Moos (*Polytrichum piliferum Schrebr*[1]), dessen grünlich-braune isolirte Spitzen einige Millimeter über die Oberfläche emporragen, während sein Thallus so dichte Gewebe im Boden bildet, dass er sich wie diminutive gelbliche Baumwollenbüschel auspräpariren lässt. Ist die Oberfläche erst auf diese Weise etwas befestigt, so stellt sich Thymian, welcher isolirte Haufen bildet, und später Mehlbeer- und Rauschbeersträuche ein, bis zuletzt das Haidekraut auftritt. In den zusammengewehten Sandhügeln dagegen sieht man von Anfang an keine dieser Pflanzenformen; das grosse Sandgras (*Psamma arenaria*) ist hier der Vorläufer der Vegetation; wenn die Befestigung begonnen hat, kommt die Sandweide (*Salix repens*) hinzu, der Boden bedeckt sich oft

---

[1]) Der ungepflügte Haidetorf bedeckt sich auch, wenn er eine Zeit lang gelegen hat, mit einem kleinen Moos, welches in vereinzelten Häufchen auftritt, gewöhnlich *Polytr. juniperinum Hedw.* (bestimmt von C. Rosenberg).

mit Moos, und erst jetzt erscheinen Mehlbeer- und Rauschbeersträuche mit ihren langen Ranken. Beide von Anfang sehr verschiedene Vegetationsformen verändern sich allmählich in dieselbe, Alles bedeckende Haidekrautvegetation, wenn der Boden an beiden Stellen dieselbe Konsistenz erlangt hat.

Ein Beispiel von dem Einfluss, welchen die zunächst zur Entwickelung der Bodenfauna dienenden Bedingungen auf die Flora ausüben können, bieten uns die oben erwähnten Salzwiesen, obgleich hier unleugbar zugleich als bestimmendes Moment die verschiedene Salzmenge des Bodens hinzutritt; doch kann dieser Unterschied nicht von sehr grosser Bedeutung sein, da total verschiedene Floren oft in einem Abstande von wenigen Klaftern und mit einem Unterschied im Niveau von weniger als 1 Fuss auftreten. Die angesehene Botanikerin, Fräulein C. Rosenberg, im Verein mit der ich diese Oertlichkeit studirte, hat auf mein Ersuchen ein Verzeichniss über diese Flora ausgearbeitet, welchem die unten stehende Zusammenstellung auszugsweise entnommen ist.

A. Auf den älteren, etwas höher liegenden und selten oder seltener überschwemmten Salzwiesen, deren Boden mit hellbraunem 6—8 Zoll dickem Torf bedeckt ist, kommen vor:

a) auf den feuchten Stellen:

namentlich:

Triglochin maritimum L.
Agrostis alba L., v. maritima Mey.
Glyceria maritima L.
Glyceria distans Wahlb.
Festuca rubra L.
Plantago maritima L.
Odontites littoralis Fr.
Lepigonum marinum Wahlb.
Lepigonum leiospermum Kindb.
Glaux maritima L.
Trifolium minus Sm.

ferner:

Erythraea linarifolia Pers.
Erythraea pulchella Fr.
Eleocharis uniglumis Lk.
Artemisia maritima L.
Armeria vulgaris Willd.
Potentilla anserina L.
u. s. w.

b) auf etwas höheren und trockneren Stellen:

namentlich:

Potentilla anserina L.
Trifolium fragiferum L.
Trifolium repens
u. s. w.

ferner:

Plantago major L. β minima DC.
Plantago lanceolata L. β eriophyllum Dcne.
u. s. w.

c) auf den zahlreichen Ameisenhügeln dieser Wiesen:

namentlich:

Agrostis alba L.
Festuca rubra L.
Sagina stricta β maritima Fr.
Sagina procumbens L.
Cerastium vulgatum L.
Armeria vulgaris Willd.

ferner:

Medicago lupulina L.
Trifolium minus L.
Nardus stricta L.
Rumex Acetosella L.
Stellaria graminea L.
Plantago lanceolata L.
u. s. w.

B. Auf dem vom Mull mit zahlreichen Regenwurm-Exkrementen bedeckten Küstenrande, der nicht ganz vor Ueberschwemmung mit Meerwasser geschützt ist — wenn dies auch seltener vorkommt —, der in unmittelbarer Nähe der vorgenannten Oertlichkeit liegt und eine fast unmerklich höhere Lage hat, wachsen

namentlich:

Holcus lanatus L.
Cynosurus cristatus L.
Plantago lanceolata L.
Plantago major L.
Trifolium repens L.
Trifolium procumbens L.
Trifolium pratense L.
Achillea millefolium L.
Sagina nodosa Torr. et Gray
Brunella vulgaris Moench.
Lotus corniculatus L.
Arenaria serpyllifolia L.

ferner:

Potentilla anserina L.
Potentilla repens L.
Bellis perinnis L.
Trifolium fragiferum L.
Trifolium minus Sm.
Medicago lupulina L.
Inula salicina L.
Rhinanthus minor Ehrh.
Briza media L.
Agrostis alba L.
Agrostis vulgaris With.
Linum catharticum L.
Rumex Acetosa L.
Gentiana Amarella L.
Bromus mollis L.
Ranuncullus acris L.
Stellaria graminea L.
Achillea Ptarmica L.
Ononis repens L.
u. s. w.

Wie man sieht, treten von den hier genannten 31 Pflanzen, welche den reichen Blumenflor der mullartigen Partien bilden, nur sieben ziemlich allgemein auf den Salzwiesen auf, und davon sind drei noch dazu nur auf den Ameisenhügeln, deren Boden gewissermassen den Uebergang zum Mull bildet, vorherrschend. Wenn man aber nur die in grösster Menge vorkommenden Arten berücksichtigt, welche der Pflanzendecke ihren hauptsächlichen Charakter geben, und welche in den Verzeichnissen als „namentlich“ auf den angeführten Oertlich-

keiten auftretend bezeichnet sind, so wird man sehen, dass keine einzige Pflanze beiden gemein ist. Wie oben bemerkt, ist der eigentliche Boden hier überall Meersand, und es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass die Einwirkung des Pflanzen- und Thierlebens auf die Beschaffenheit der Oberfläche des Bodens die hauptsächlichste Ursache der angeführten floristischen Verschiedenheiten ist.

Die Thiere. — In dem ersten Abschnitt dieser Arbeit ist darauf aufmerksam gemacht worden, dass der Mull nach seiner Struktur, seinen feineren Bestandtheilen und dem Thierleben, das sich darin regt, zum grossen Theil dem letzteren seine hervortretendsten und bedeutungsvollsten Eigenthümlichkeiten verdankt. Die grosse Menge fortgesetzter Untersuchungen, welche Verf. in den sechs, seit der Veröffentlichung der ersten Beobachtungsreihe verflossenen Jahre anzustellen Gelegenheit hatte und die sich über den grössten Theil der Hauptlokalitäten unseres Landes mit natürlicher Bodenoberfläche erstreckten, haben in allem Wesentlichen die damals mitgetheilten Auffassungen über die Bedeutung des Thierlebens für die Oberfläche der Bodenkruste bestätigt.

Von allen Thierformen haben, wie man sich erinnern wird, die Regenwürmer den grössten Einfluss auf die Beschaffenheit der Bodenkruste, und es stellte sich heraus, dass sie an den Mullboden in den Eichenwäldern, in den Haiden und in den Buchenwäldern in gleich konstanter Weise gebunden sind.

Unter dem dichten Gebüsch, das den Grund der Eichenwälder auf gutem Boden bedeckt, scheinen die Regenwürmer einen vorzüglichen Tummelplatz zu haben. Es lässt sich deutlich wahrnehmen, dass die Bodenkruste aus den Exkrementen der Regenwürmer besteht. Die Oberfläche unter dem Laube ist bedeckt mit der früher erwähnten griesigen Masse von Exkrementen und beim Graben zeigt sich die Erde vollkommen locker wie gut bearbeitete Gartenerde.

Wenn man sich allein an den Boden des Eichenwaldes auf gutem Terrain hielte, könnte trotz Allem, was vom Verf. früher und von anderen Untersuchern über die Bedeutung der Regenwürmer dargelegt worden ist, doch noch Zweifel über die Wirkungen ihrer Thätigkeit erhoben werden. Aber ein Studium ihres Auftretens in den Haidegegenden Jütlands wirft, wie mir scheint, ein entscheidendes Licht auf dies Verhältniss.

Ueberall wo die Bodenoberfläche mullartig ist, wo die Bodenvegetation aus den für den Mull charakteristischen Pflanzen besteht,

wird man auch bei genauerer Betrachtung, selbst da wo der Boden aus äusserst magerem oder grobem Sande besteht, die Oberfläche theils aus frischen, theils in verschiedenen Graden der Auflösung befindlichen Exkrementen von Regenwürmern zusammengesetzt finden. Beim Graben sind die Würmer in der Regel nicht schwer zu finden, und ich habe keine einzige Oertlichkeit in Eichenwäldern mit Mullboden untersucht, ohne Regenwürmer anzutreffen. Es sind dieselben drei Hauptformen, die früher bei den Buchenwäldern beschrieben sind, nämlich: der kleine *Lumbricus purpureus Eisen*, welcher namentlich im Laube und in den obersten Bodenschichten sich aufhält. aber schwerlich tief in den Boden hinuntergeht und keine stehenden Wurmgänge hat; ferner *Allolobophora turgida*, welcher das oberste Erdreich durchwühlt und nicht regelmässig an die Oberfläche zu kommen scheint, und endlich eine grosse Lumbricusart, welche stehende Gänge hat und sich des Nachts und an dunkeln Regentagen auf der Oberfläche aufhält. Hier in den mageren Gegenden Jütland's repräsentirt jedoch nicht wie in den Buchenwäldern der Inseln auf gutem Boden der grosse *Lumbricus terrestris*, sondern namentlich der etwas kleinere *Lumbricus rubellus* diesen Theil der Familie der Regenwürmer in den letzten Resten der Eichenwälder der Haidegegenden. Auch fehlen die kleinen Enchytreusformen, die oft in grossen Massen auftreten und ihren Antheil an dem Mischungswerke ausführen, ebenso wenig in den hier besprochenen Oertlichkeiten, wie in den Buchenwäldern.

Aber auch unter den vereinzelten Büschen von Eichenkrüppelwuchs in den Haiden findet man Regenwürmer überall, wo der Boden mullartig ist. Ein solcher kleiner isolirter Busch, oft nur ein paar Fuss hoch und mit einem Durchmesser von vier bis fünf Fuss hat im Mull seine Bevölkerung von Regenwürmern und stellt trotz seiner geringen Ausdehnung eine vollständige kleine Waldoase in der Haidewüste dar. In den meisten Gebüschen, die ich untersuchte, habe ich alle drei Arten von Regenwürmern gefunden, selbst in dem abgelegenen Tykskov Krat. Aber hin und wider fehlt der eine oder der andere Vertreter der Familie. So habe ich in dem von mir untersuchten Eichengestrüpp im Skarrilder Gehölz nur den kleinen *Lumbricus purpureus* gefunden; hier aber hätte ich bloss nach Untersuchung der Erdoberfläche mit Sicherheit voraussagen können, dass die grösseren Formen fehlten, denn die griesige Masse des Bodens zeigte eine weit feinere und gleichartigere Struktur, als

gewöhnlich, und bestand in der That fast ausschliesslich aus den mit Sand untermischten Exkrementen dieser kleinen Form.

Die oft sehr jähen Übergänge, welche am Waldsaume oder am Rande eines Krattbusches in der Beschaffenheit des Bodens stattfinden, bezeichnen auch die Grenze des Vorkommens der Regenwürmer; in dem mit Torf bekleideten Haideboden habe ich nie auch nur einen einzigen Wurm gefunden. Dagegen habe ich in der Oberfläche der Torfschichten, die hin und wider in den Eichenwäldern vorkommen, zweimal einen einzelnen kleinen Wurm angetroffen, allein beide Exemplare gehörten den kleinen Formen an, die auf der Oberfläche leben und im Allgemeinen eine andere Rolle spielen, als die oben genannten Arten.[1])

Wenn auch die oben angeführten Wahrnehmungen darauf hindeuten, dass die Regenwürmer sich in den letzten Resten der alten Haidewälder Jütlands auf Sandboden haben erhalten können, dass selbst ein so bescheidener Rest wie ein Eichenkrüppelbusch hinreicht, um eine passende Oertlichkeit für sie zu bilden, und dass die Thätigkeit dieser Thiere die Bildung des eigentlichen Mulls bedingt, so würden diese Schlüsse doch eine werthvolle Bestätigung erhalten, wenn es möglich wäre, auf den Haiden selber solche Striche zu finden, welche, ohne von der Waldvegetation beschützt zu sein, dennoch angemessene Bedingungen für eine Regenwurmbevölkerung darböten und dasselbe Resultat ihrer Arbeit, wie in den Wäldern, aufweisen könnten. Solche Oertlichkeiten finden sich, wie schon erwähnt, in der That in den Haidegegenden des mittleren Jütlands und Verf. hat auf allen oben beschriebenen mullartigen Haide-Arealen die Erdkruste von den drei besprochenen Regenwurmformen bevölkert gefunden.

Allen diesen Oertlichkeiten ist doch ohne Zweifel der Umstand gemeinsam, dass die Haidebildung hier, wie dies auch schon angedeutet wurde, verhältnissmässig späten Ursprungs ist; und der

---

[1]) Ausser dem *Lumbricus purpureus*, der namentlich auf der Oberfläche sich aufhält, kommen mehrere stark gefärbte, namentlich rothbraune Arten von anderen Geschlechtern, namentlich vom Geschlecht *Allolobophora* vor, die von halbvermodertem Holz und Laub leben; man findet sie in Baumstümpfen und sogar hoch oben in den Bäumen in verrotteten Zweigen u. dergl. und es scheint daher, dass sie nicht Erde zu verschlingen brauchen, um ihre Nahrung zu verdauen.

Schluss liegt nahe, dass die Regenwürmer, selbst nach dem Verschwinden der Wälder, noch längere Zeit hindurch sich auf gewissen günstigeren Strichen erhalten und durch ihre fortgesetzte Arbeit den Mull bewahren können.

Es ist früher erwähnt worden, dass der Maulwurf in der Regel den Regenwürmern folgt. Auch in den jütischen Haidegegenden kann man diese Wahrnehmung machen, ja selbst auf dem mullartigen Haidekrautboden (z. B. auf der Finderuper Haide) kann man der einem erfahrenen Haidebeobachter höchst auffallenden Erscheinung begegnen, dass sich Maulwurfshügel im Haidekraut befinden; sie sind ein sicheres Zeichen, dass der Boden mit Mull bedeckt und von Regenwürmern durchpflügt ist.

Zur weiteren Beleuchtung des Auftretens der Regenwürmer und ihres Verhältnisses zur Beschaffenheit der Bodenkruste sollen einige Wahrnehmungen, die auf Oertlichkeiten von ganz verschiedener Art als die hier besprochenen gemacht wurden, angeführt werden.

In den Haidegegenden Jütlands werden, namentlich in der letzteren Zeit durch Mitwirkung der Haide-Kultur-Gesellschaft, Wiesen hervorgebracht, dadurch dass das Wasser von Bachen aufgestaut und über die mit gewöhnlichem Haidetorf bedeckten Areale geleitet wird. Schon ein Jahr nach dem Beginn der Ueberrieselung stirbt das Haidekraut ab, und nach ca. 3 Jahren ist dasselbe von einer, oft üppigen Grasdecke abgelöst. Wenn man den Boden einer solchen neu gebildeten Wiese untersucht, so bemerkt man, dass die alte feste Haidekruste verschwunden und in 1—2 Zoll dicken, zuweilen etwas schlammigen Mull umgewandelt oder von demselben abgelöst ist; dieser Mull ist die Hauptstätte für die Wurzeln der Vegetation und bedeckt, oft mit scharfer Begrenzung, den mageren und zum Theil ausgewaschenen Sand. Diese feuchte Mullschicht enthält eine reiche Bevölkerung von Regenwürmern, wo vor wenigen Jahren kein einziger Vertreter derselben war, und der Uebergang vom Torf zum Mull hat also gleichzeitig mit einer Einwanderung dieser Thiere stattgefunden. In den Ueberrieselungswiesen auf Hesselvig im Kirchspiel Arnborg, wo ich Gelegenheit hatte, diese Wahrnehmung zu machen, habe ich theils selbst eine grosse Menge von Würmern gesammelt, theils sind sie mir durch den Ingenieur Christensen zugestellt worden, und es gehörten dieselben theils zu der in dem mullartigen Boden der Haiden gewöhnlich vorkommenden *Allolobophora turgida*, theils und namentlich zu einer kleineren Art,

welche derartigen Oertlichkeiten eigenthümlich zu sein scheint und die ich sonst niemals in den Haidegegenden gefunden habe.[1])

Die Wahrnehmungen über das Auftreten der Regenwürmer, die sich auf den Salzwiesen machen lassen, scheinen auf eine lehrreiche Weise die oben angeführten zu ergänzen. In den oben erwähnten Salzwiesen bei Hofmansgave ist der dort vorkommende Wiesentorf ganz von diesen Thieren entblösst, während sie dagegen sowohl in dem mullartigen Boden, der sich auf den von dem Hochwasser nur ganz ausnahmsweise erreichten Stellen findet, als auch in den alten eingedämmten Arealen, in denen der Wiesentorf allmählich in Mull verwandelt worden ist, in grosser Menge vorkommen. Auch hier sind die Mullbildung und das Auftreten der Regenwürmer gleichzeitige Erscheinungen; der salzhaltige Boden bedeckt sich nicht mit Mull, sondern er ist entweder nackt oder mit Torf bekleidet, selbst wenn er eingedämmt ist, und hier finden sich keine Regenwürmer; sie scheinen das salzige Wasser nicht zu vertragen[2]), und der Gutsbesitzer Hofman-Bang hat mir auch mitgetheilt, dass jedesmal, wenn ein ungewöhnlich hohes Wasser das Ackerland und den mullartigen Wiesenboden überschwemmt, die Oberfläche mit todten Regenwürmern bestreut ist, wenn das Wasser wieder von den überschwemmten Partien zurücktritt. Mir scheint der Schluss unbestreitbar richtig zu sein, dass eigentlicher Mull dort fehlt, wo der Regenwurm nicht leben kann.

Endlich ist noch eine auf einer dritten Wiesenform gemachte Wahrnehmung zu erwähnen, durch welche gleichfalls einiges Licht auf das Verhältniss der Regenwürmer zur Vegetation geworfen wird. Quer durch ein Torfmoor im Folehave-Wald in Nordseeland ist ein Graben zur Ableitung des Wassers angelegt. Auf der einen Seite dieser künstlich hervorgebrachten Linie bildet ein als Niederwald betriebener Bestand von Weisserlen und anderen Bäumen ein dichtes Gehölz von üppigem Wachsthum, auf der anderen Seite ist das Terrain seit mehr als einem Menschenalter ausgerodet und als Grasboden benutzt worden. Die dadurch entstandene Wiese ist jetzt schlecht; grosse Stellen sind nur mit spärlichem Moos bewachsen

---

[1]) Diese Art ist eine stark gefärbte kleinere Allolobophora-Form, welche der *A. arborea Eisen* sehr nahe kommt, wenn es nicht diese Art selber ist.

[2]) Darwin führt in „The formation of vegetable mould“ auch an, dass Salzwasser die Regenwürmer leicht tödte (p. 121).

und die wenigen isolirten Bäume, die hier stehen, sehen verkümmert aus. Der Boden ist auf beiden Seiten des Grabens anscheinend ganz von derselben Beschaffenheit, aber in dem mit Wald bewachsenen Theil findet sich eine reiche Bevölkerung von Regenwürmern, deren Exkremente die Oberfläche unter dem Laube bedecken, während ich in den schlechten Partien der Wiese keinen einzigen Wurm habe finden können. In einem nassen Sommer liess ich eine Anzahl grosser, tiefer Löcher zu beiden Seiten des Grabens ausheben, und diese füllten sich bald ganz mit Wasser. Nach Verlauf von acht Tagen lag auf der Gehölzseite des Grabens auf dem Boden dieser kleinen Wasserbecken eine Menge ertrunkener Regenwürmer, in den Löchern auf der anderen Seite aber kein einziger, was meine Vermuthung, dass diese Thiere hier entweder gar nicht, oder doch nur in sehr geringer Anzahl vorkämen, bestärken musste.

Wenn es nach der Struktur der Bodenoberfläche und nach allen sonstigen Aufschlüssen als unzweifelhaft angesehen werden muss, dass der Regenwurm ein Hauptfaktor bei der Bildung von lockerem Humus ist, so ist es doch von Interesse zu untersuchen, ob nicht andere Thierformen eine wesentliche Rolle neben den Regenwürmern spielen. Es wird kaum möglich sein, eine bessere Oertlichkeit zur Beantwortung dieser Frage zu finden, als eine der kleinen Mulloasen unter einem isolirten Krattbusch auf der Haide, da hier viele anderswo vorkommende und störende Faktoren bei der Untersuchung ferngehalten bleiben.

Wenn man die Zweige eines solchen kleinen Eichengestrüpps zurückbiegt, so entdeckt man sofort ein weit regeres Thierleben innerhalb des Schirms, als ausserhalb desselben. Eine Menge Insekten verschiedener Ordnungen summen zwischen den Zweigen, auf der Erde wimmelt eine Menge von Ameisen und es finden sich da zahlreiche Käfer, Spinnen, Orthopteren, Landisopoden und Myriapoden, unter denen oft viele Scolopender, die wüthenden Feinde der Regenwürmer. Auch der Mull selber beherbergt ausser den Regenwürmern ein verhältnissmässig reiches Thierlehen, namentlich von Insektenlarven, aber obwohl meine Aufmerksamkeit ganz besonders auf die Frage gerichtet war, ob nicht andere Thierformen als die Regenwürmer sich wesentlich an der Mullbildnng auf einer solchen Oertlichkeit betheiligten, so habe ich doch weder die Individuen in einer solchen Anzahl, noch die Formen von einer solchen Art gefunden, dass die Rede davon sein könnte, die Arbeit, welche sie bei der

Mischung der Bodentheilchen ausführen, nur annähernd mit der von den Regenwürmern ausgeführten zu vergleichen. Aber auf der anderen Seite soll doch nicht in Abrede gestellt werden, dass diese letzteren in ihrer Thätigkeit zur Lockerung des Bodens von den Larven der kleinen Maikäferarten, von Elater-, Diptera-Larven u. a., die oft in nicht geringer Anzahl im Mull vorkommen, etwas unterstützt werden, und dass die Ameisen, die hier recht zahlreich auftreten, gleichfalls dazu beitragen, die Oberfläche porös zu erhalten.

Die Haide ausserhalb des Gebüsches ist zwar keine Wüste in dem Sinne, dass sie von Thierleben entblösst sein sollte; an einem warmen und stillen Sommertage hört man das Summen von Diptera-Formen und das Zischen von Orthopteren und anderen Insekten im Haidekraut; aber soweit ich habe bemerken können, ist die Haide doch, sowohl an Arten als an Individuen, weit ärmer, als das Gebüsch, und im Boden selber scheinen sich fast gar keine höher organisirte Thierformen aufzuhalten.

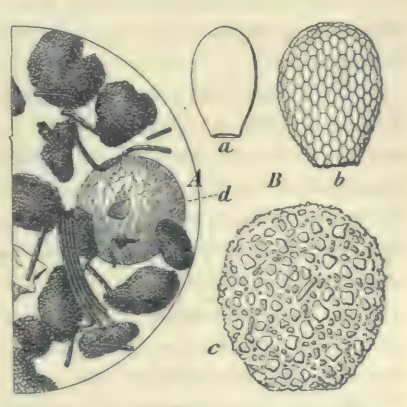


Fig. 15.

A $^{110}/_{1}$ die feinsten organischen Abfälle im Buchentorf (Teglstruper Gehege) thierische Exkremente, Brocken eines schwarzbraunen Pilzmyceliums und (*d*) die Schale einer Arcella. — *B* $^{180}/_{1}$ *a* Gromia- (?), *b* Englypha- und *c* Difflugia-Schale, mit fremden Körpern bedeckt.

Andrerseits beherbergt der Torf eine Fauna von sehr niedrig stehenden Geschöpfen, die gemeiniglich in so zahllosen Scharen auftreten, dass jedes kleine, nadelkopfgrosse Torftheilchen eine Anzahl Individuen oder doch wenigstens ihre Schalen enthält. Es sind Formen, die der Gruppe der Monothalamien innerhalb der Klasse der Rhizopoden angehören, und welche namentlich zu den Geschlechtern *Arcella Ehrenberg*, *Difflugia Ehrenberg p. p.*, ferner *Gromia Dujardin* und *Euglypha Dujardin* zu rechnen oder doch denselben nahe verwandt sind, wenigstens soweit sich dies nach den Schalen bestimmen lässt; denn ich hatte nur wenig Gelegenheit, die übrigens äussert niedrig stehenden und hauptsächlich nur eine einzige

Zelle repräsentirenden Thiere, welche in diesen Hülsen wohnen, zu studiren.

Bei meinen Bestrebungen, etwas zu finden, was die Nahrung der Regenwürmer in der von ihnen verschlungenen Erde ausmachen könnte, richtete ich meine Aufmerksamkeit auf die Rhizopoden, da es mir bald klar wurde, dass die leicht zersetzbaren Pilzmycelien, die im Mull vorkommen, kaum in solcher Menge vorhanden sind, dass sie allein eine genügende stickstoffhaltige Nahrung für diese verhältnissmässig grossen Thiere abgeben könnten. Es war um so mehr Anlass dazu, den genannten Moneren nachzuspüren, als es durch Ehrenberg's[1]) v. Post's[2]), Greef's[3]), Schneider's[4]) und Anderer Untersuchungen bekannt war, dass solche kleine Wesen, deren Hauptmasse sonst aus Wasserthieren besteht, auch in der Erde vorkommen.

Zu meiner Ueberraschung fand ich indessen keine Monothalamien in dem eigentlichen Mull auf höher gelegenem Boden, wogegen sie, wie erwähnt, im Torf, sowohl auf der Haide als im Walde, in unermesslicher Menge auftreten, und in keiner von mir untersuchten Torfprobe je gefehlt haben. Es ist zwar nach den Angaben anderer Verfasser wahrscheinlich, dass Rhizopoden auch im Mull vorkommen, wenigstens im Laube auf dem Waldboden, es müssen aber nach meinen Untersuchungen namentlich Amöbeformen, nackte Rhizopoden (*Athalamia*) sein, welche hier hausen[5]), denn ich habe trotz der Untersuchung von Mullproben aus einer recht ansehnlichen Reihe von Wald- und Haideörtlichkeiten niemals Monothalamien-Schalen im typischen Mull gefunden, wo dieser nicht auf niedriger gelegenen Stellen abgelagert ist. Soweit meine Studien sich erstreckt haben, muss ich desshalb annehmen, dass die Monothalamien mit ihren verschiedenen Formen und namentlich mit ihren zahllosen Scharen von Individuen auf hochgelegenem Boden für die torfartige Humusform

---

[1]) Ehrenberg, Mikrogeologie, Leipzig 1854; namentlich Taf. XXXIV.

[2]) H. v. Post, Nutidens Koprogena Jordbildningar p. 41. (Sv. Vetensk. Akad. Handl. Bd. IV 1862).

[3]) R. Greef, Ueber einige in der Erde lebende Amoeben und andere Rhizopoden. (Arch. f. mikr. Anat. Bd. II, Bonn 1866, p. 299.)

[4]) Schneider, Sur quelques Rhizop. terricoles. (Comptes rendus Tom. 86 1878, p. 1557.)

[5]) Z. B. Verwandte von Greef's *Amoeba terricola*.

charakeristisch sind.[1]) Diese muss übrigens auch vortrefflich für sie geeignet sein; denn in den Perioden, wo der Boden von Wasser durchzogen ist, wird er eine ähnliche Lokalität darbieten, wie der Schlamm, in welchem sich viele verwandte Wasserformen aufhalten, und wenn er eintrocknet, haben diese kleinen Wesen theils das Vermögen sich zu encystiren, theils so einzutrocknen, dass sie die Zeit bis zur nächsten Feuchtigkeitsperiode in dem Zustande der Erstarrung zubringen.

Ausser den Rhizopoden kommen im Torf ferner grosse Mengen von grösstentheils mikroskopischen Wurmformen, namentlich von der Gruppe der Anguillulinen, die zur Ordnung der Nematoden gehören, vor.

Dieses mikroskopische Thierleben trägt wohl in Verbindung mit den Pilzen zur Zersetzung der organischen Reste bei, kann aber in keinem wesentlichen Grade die Dichtigkeit und Festigkeit der Masse verringern. Wenn man indessen seine zahllosen Scharen berücksichtigt, so wird es wahrscheinlich, dass es eine wichtige Rolle spielt, indem es den Stickstoff des Torfs bindet. Diese Thiere sind möglicherweise die Träger einer grossen Menge der im Torfe befindlichen Stickstoffverbindungen, und es muss sich bei der Vorstellung von der Ausbreitung dieser Erdfauna ein Misstrauen

---

[1]) Es ist selbstverständlich sehr schwierig, das Nichtvorhandensein solcher kleinen Wesen in einem Boden festzustellen, theils weil nur sehr kleine Quantitäten untersucht werden können, theils weil die feinsten Elemente des Mullbodens der mikroskopischen Untersuchung verhältnissmässig grosse Schwierigkeiten darbieten. Es soll deshalb hier angeführt werden, dass die Beobachtungen an einer Reihe von Bodenproben, namentlich aus natürlichen Eichenwäldern in den verschiedenen Gegenden des Landes (Südseeland, Lolland, Jütland), und zwar sowohl von Lehmboden wie von Sandboden angestellt worden sind. Die Proben sind der unmittelbar unter der Laubdecke liegenden, griesigen obersten Schicht des Bodens entnommen, und die Untersuchung war theils auf dies Material selber, theils auf die sorgfältig abgeschlämmte, humose Feinerde gerichtet. Kein einziges Individuum der im Torf zahllos vorkommenden Monothalamienformen war bei dieser Untersuchung zu entdecken. Sowohl Ehrenberg als auch v. Post geben zwar an, dass die Geschlechter *Difflugia* und *Arcella* in grossen Mengen im Humus vorkommen. Es ist indessen nicht ersichtlich, welche Humusformen gemeint sind, und bei Ehrenberg ist es schwer, zwischen wirklichem Humus des trockenen Bodens und Süsswasserbildungen zu unterscheiden.

gegen die Bedeutung der einseitigen chemischen Analyse als Erklärung der Beschaffenheit der vegetationtragenden Erdkruste aufdrängen.

Physikalische und chemische Umbildungen des Bodens.

Wenn man auf Grund der oben mitgetheilten Reihe von Wahrnehmungen zu der Vermuthnng gekommen ist, dass die der Erdkruste in den jütischen Haiden eigene Beschaffenheit auf vielen und ansehnlichen Strecken durch eine Umbildung derjenigen Form entstanden ist, welche den in diesen Gegenden befindlichen Resten der alten Eichenwälder des Landes eigenthümlich ist, sowie dass diese oft ausserordentlich bedeutungsvolle Umbildung in wesentlichem Grade Veränderungen im organischen Leben der Oertlichkeiten ihren Ursprung verdankt, so wird das nächste Glied der Untersuchung ein Versuch zur Erlangung einiger Kenntniss des Prozesses selber, der aus dem lockeren Waldmull über dem gleichförmig gefärbten, ockergelben Sandboden die blauschwarze Torfschicht der Haide über oft mächtigen Bleisand- und Ortsteinbildungen hervorgebracht hat.

Die erste Betrachtung führt den Untersucher zu einer solchen Menge von heterogenen Prozessen, dass der Forscher, der nicht Beobachtung und Experiment durch die Hypothese zu ersetzen wünscht, leicht von der Befürchtung überwältigt wird, dass er nicht auf exakte Weise alle einzelnen Glieder der Erscheinung verfolgen könne. Ich glaube aber doch, dass eine nähere Erwägung zur Anstellung des Versuches ermuthigen wird.

Einerseits muss allerdings eingeräumt werden, dass es eine grosse Schar von Faktoren giebt, welche an jedem Ort zur Bildung der Beschaffenheit der Erdkruste zusammenwirken. So kann es keinem Zweifel unterliegen, dass unbekannte Organismen in verschiedener Menge und mit verschiedenartiger Thätigkeit wahrscheinlich eine grosse Rolle spielen, dass die Feuchtigkeitsverhältnisse der Oertlichkeit, die Neigung des Terrains und damit die Wärme des Erdreichs, Verschiedenheiten in der mineralogischen Beschaffenheit des Bodens, in der Menge der Feinerde und den Körnern des Skeletts einen bedeutenden Einfluss auf die an jeder Stelle stattfindenden chemischen und physikalischen Prozesse ausüben, und dass diese schon an und für sich, namentlich wo humose Stoffe vorkommen, von sehr zusammengesetzter Beschaffenheit sein können; eine Ver-

tiefung in die Mannigfaltigkeit der Erscheinung ermuntert also nicht dazu, sich damit zu beschäftigen. Aber andrerseits scheint es mir, dass die wesentliche und am stärksten hervortretende Eigenthümlichkeit der Haidebildung nicht das Resultat einer bunten Wechselwirkung mannigfacher Faktoren sein kann. Wenn man bedenkt, dass die jütischen Haiden in ihrer grossen Einförmigkeit auf ungefähr hundert Quadratmeilen der Halbinsel Höhen und Thäler, östliche und westliche Abhänge, niedrige Flächen und hohe, steile Hügelkämme bedecken, dass sie mit ganz ähnlichen, nur noch weit ausgedehnteren Bildungen in der norddeutschen Ebene von der Mündung des Rheins bis nach Russland und von der Ostsee bis zu den mitteldeutschen Gebirgen in Verbindung stehen, ja dass sich wahrscheinlich an vielen anderen Stellen in gemässigten und kalten Gegenden mit Alluvial- und Diluvialboden ganz analoge Bildungen finden, so muss man nothwendig zu dem Schluss kommen, dass, wie vielfältig auch die Faktoren sein mögen, die an jedem Orte zur Hervorbringung des Haidebodencharakters zusammenwirken, doch einige wenige, welche überall gemeinsam sein können, die übrigen so vollständig beherrschen müssen, dass sie in ganz überwiegendem Grade die Erscheinung bestimmen. Diese Betrachtung ermuntert zu einem Versuch, dem innern Wesen der Umbildung auf den Grund zu kommen, und die Untersuchung muss demnach auf solche Verhältnisse gerichtet sein, die überall, wo Haidebildung sich vollzieht, gemeinsam vorkommen.

Konsistenz des Bodens. — Sobald man das Eichengehölz mit seinem lockeren Mull verlässt und in die mit Haidekraut bewachsene Haide hineintritt, erhält der Boden eine andere Konsistenz. Die Haidefläche, welche Regenwürmer beherbergt, ruht noch auf ziemlich lockerem Boden, der dem Spaten noch leicht nachgiebt; sind aber die Regenwürmer verschwunden, so zieht der Torf seine dichte, immer dicker werdende Filzdecke über den Boden, und während diese Schicht das Erdreich zuschliesst, nimmt der ursprünglich lockere, humushaltige Sand allmählich eine grössere Dichtigkeit und Festigkeit an. Schon auf der in Taf. III Fig. 3 dargestellten Oertlichkeit lässt sich der Grund wie Käse in Würfel schneiden, und ein solcher ausgeschnittener Theil hat einen stärkeren Zusammenhang als eine Grassode; ist aber erst eine wirkliche Torfschicht da, so kann dieselbe eine sehr bedeutende Dichtigkeit erreichen. Ich weiss keinen besseren Beweiss anzuführen von der Festigkeit, die

der an und für sich lockere Sandboden in dieser obersten Schicht erreichen kann, als dass ein solcher Erdwürfel, bewachsen mit Haidekraut auf einer dünnen Torfschicht, durch vollständiges Trocknen an der Luft hart, fest und scharfkantig wie ein gewöhnlicher Backstein wurde; derselbe befindet sich unter meinen Präparaten und bewahrt noch jetzt, nach Verlauf von sechs Jahren, seine Festigkeit. Charakteristisch und ohne Zweifel bedeutungsvoll für den Uebergang von der mullartigen Oberfläche des Eichenwaldes in den Torfboden der Haide ist also, ausser der Zuschliessung des Bodens durch die Torfschicht, die Entwickelung einer grossen Dichtigkeit und Festigkeit in den obersten Schichten. Es ist kaum einem Zweifel unterworfen, dass es die Haidekrautwurzeln sind, die namentlich die Erdpartikeln zusammenbinden, aber dazu muss noch kommen, dass diese selbst eine dichtere Lagerung erhalten, wenn die stets wühlenden, grabenden und lockernden Scharen der Regenwürmer verschwinden.

Dies erhellt aus den Untersuchungen in Buchenwäldern, die auf weniger lehmarmem, von alten Torfbildungen bedecktem Boden stehen. Hier kann man nämlich an vielen Stellen wahrnehmen, dass der Boden unter der Torfschicht, ja sogar der Bleisand, so fest geworden ist, dass er sich kaum durchstechen lässt, obgleich er früher zu dem lockeren, wohl gemischten und wohl bearbeiteten Obergrund gehörte, der an einzelnen Stellen, wo die Regenwürmer noch dageblieben sind, seinen typischen Charakter einer durchgearbeiteten Gartenerde gänzlich bewahrt hat. Es ist das herabsickernde Oberflächenwasser, welches allmählich durch seine Schlämmung die Erde zusammensinken lässt und die Zwischenräume zwischen den grösseren Elementen mit dem feinen, vom Wasser in Bewegung gesetzten Schlamm verdichtet.[1])

F e u c h t i g k e i t s v e r h ä l t n i s s e d e s B o d e n s. — Dass die Wasserbewegung im Boden sich verändern muss, je nachdem sich der Torf entwickelt und die Konsistenz des Bodens sich verändert, ist an und für sich wahrscheinlich, und dass dies Verhältniss grossen Einfluss auf den Charakter der Humifikation haben muss, ist auch

---

[1]) Dieser ganze Prozess lässt sich leicht durch ein Experiment nachweisen. Wenn man lockere Erde in einen cylindrischen Trichter schüttet und Wasser darauf giesst, so läuft dieses Anfangs sehr rasch hindurch, darauf langsamer, und nach und nach kann die Lagerung der Erdpartikeln eine solche geworden sein, dass die Durchsickerung sehr lange Zeit erfordert.

anzunehmen. Um aber dies Verhältniss durch direkte Beobachtungen beleuchten zu können, habe ich unter dem Beistand der Herren Docent Tuxen und Hegereiter Borch im Sommer 1880 eine Reihe Untersuchungen über die Feuchtigkeit in nacktem und in torfbekleidetem Haideboden angestellt. Es war unsere Absicht, diese Bestimmungen im nächsten Jahre fortzusetzen, die Reihe der Untersuchungen wurde aber durch einen Unfall unterbrochen, so dass nur für ein Jahr einigermassen brauchbare Beobachtungen vorliegen. Mag man auch einwenden, dass dies zu einer erschöpfenden Beleuchtung des Verhältnisses kaum genügend ist, so dürften doch die unten mitgetheilten Bestimmungen sehr bezeichnende Andeutungen geben.

In der Birkebäcker Pflanzung südlich von Herning wurde ein Terrain ausgesucht, dessen Oberfläche einigermassen eben, ziemlich hoch gelegen, frei von Grundwasser ist und eine sogenannte „Sandblösse“ enthält. Die Haidekruste ist hier vor vielen Jahren vom Winde fortgeführt worden, so dass der Sand die Oberfläche bildet, während die Bestandtheile der Haidekruste, des Bleisandes und des Ortsteins in etwas entfernten Dünen („Kytter“) gelagert sind. Auf dieser entblössten Stelle begannen sich hin und wider kleine isolirte Büsche von Thymian, Moos und Haidekraut zu zeigen, aber im Ganzen war der Boden nackt und der Untergrund blossgelegt. Die Haide, welche diese Stelle umgab, war von normaler Beschaffenheit, ihre Oberfläche war ungefähr im Niveau mit der nackten Oberfläche und die Terrainverhältnisse ganz dieselben.

Auf der Haide und auf der Sandfläche wurde von Mai bis Oktober ungefähr alle vierzehn Tage eine Probe in einer Tiefe von 5½—8 Zoll (d. h. an der Stelle im Boden, wo die Bleisandschicht sich in der Haide befand) und eine andere Probe aus dem Untergrunde in einer Tiefe von 24—29 Zoll entnommen.

Die Probe vom Bleisand der Haide ward zuerst herausgenommen; die Tiefe, zu der man gehen musste, um zu dem typischen Theil der Schicht zu gelangen, war jedesmal massgebend für die Tiefe, aus welcher die oberste Probe in der Sandblösse herausgenommen wurde. Auf gleiche Weise war die Tiefe in der Haide, wo nicht mehr deutliche Spuren von Ortsteinbildung vorhanden waren, massgebend für die Tiefe, aus der eine Probe des typischen Untergrundes zu erhalten war. Die Proben wurden in der Weise herausgenommen, dass die aus dem frisch geöffneten Loch geholte Erde in ein Glas hineingepresst wurde, welches man durch einen mit Talg beschmierten

gläsernen Stöpsel hermetisch verschloss. Alle diese Gläser wurden nach Kopenhagen geschickt und hier ward die Wassermenge jeder Probe durch Wägen in frischem Zustande und nach dem Trocknen bei 100° C. bestimmt.

Eine Untersuchung dieser Feuchtigkeitsbestimmungen ergiebt folgende mittlere Feuchtigkeit in den verschiedenen Erdschichten:

Observationsjahr	Haide Tiefe		Vom Winde blossgelegte Sandstelle Tiefe	
	ca. 6 Zoll	ca. 26 Zoll	ca. 6 Zoll	ca. 26 Zoll
1880 (12 Observationen) . .	7,71 Proc.	5,32 Proc.	3,10 Proc.	3,61 Proc.
1881 (6 Observationen) . . .	7,32 „	5,26 „	2,71 „	2,87 „
Durchschnitt (18 Observationen) . .	7,58 „	5,30 „	2,97 „	3,37 „

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass ein recht ansehnlicher und konstanter Unterschied in der Feuchtigkeit des Bodens unter dem Haidetorf und in der Sandblösse vorhanden ist; ja die Wassermenge in der Oberfläche kann im Allgemeinen als mehr denn zweimal so gross unter dem Torf als in der entsprechenden Tiefe in dem nackten Boden angenommen werden; mit der Tiefe verschwindet zwar der Unterschied im Feuchtigkeitsgrade der beiden Oertlichkeiten, aber selbst zwei Fuss tiefer ist die Differenz doch noch bedeutend.

Der verhältnissmässig bescheidene Umfang der Beobachtungen und die Eigenthümlichkeiten des Haidebodens lassen es nicht räthlich erscheinen, eine nähere Vergleichung zwischen den genannten Observationen und den Resultaten der Untersuchungen Anderer anzustellen, und zwar um so weniger, als es sowohl direkt aus Johnstrup's wie indirekt aus Ebermayer's und Wollny's Arbeiten über diesen Gegenstand hervorgeht, dass ein solches Unternehmen eine sehr schwierige Sache ist. Wir beschränken uns deshalb darauf, einzelne Momente, die hervorzuheben sein dürften, kürzlich nachzuweisen.

So wird man bemerken, dass der Torfboden in einem Sommer mit recht reichlichen Niederschlägen am feuchtesten auf der Ober-

fläche ist, während der gefallene Regen auf dem kahlen Boden rasch von der Erdkruste verschwindet, theils, wenn auch wohl nur in geringerem Grade, durch Verdunstung, theils und zwar namentlich durch Hinabsickern in grössere Tiefen. Dieser Umstand muss dadurch erklärt werden, dass die Verdunstung von dem Boden unter dem Torf in hohem Grade gehemmt ist, sowie dass das Regenwasser bei seinem Eindringen in die Tiefe in ganz besonderer Weise aufgehalten werden muss, denn sonst hätte der Unterschied zwischen Bleisand und Untergrund nicht so gross und konstant sein können, da der Abstand zwischen den beiden Punkten, auf denen die Proben herausgenommen sind, nur ca. 20 Zoll beträgt.[1]) Eine Betrachtung der Wassermenge in einer Tiefe von bezw. 6 und 26 Zoll in dem nackten Boden zeigt auch einen weit geringeren Unterschied. Dieser Umstand stammt ohne Zweifel daher, dass die Rotherde, wegen ihrer Dichtigkeit und des wassersaugenden Vermögens der darin enthaltenen organischen Stoffe, namentlich wenn diese in feuchtem oder wasserdurchtränktem Zustande sind, nur sehr langsam vom Wasser durchdrungen wird. Uebrigens war die Rotherde auf dem Terrain, wo die Proben ausgenommen wurden, weder besonders mächtig noch fest, und leistete beim Graben nicht grösseren Widerstand, als der sandige Untergrund selber. Man kann also den Schluss ziehen, dass dicke und feste Ortsteinschichten wegen ihres Vermögens, das Wasser zurückzuhalten, eine wahre Versumpfung im Terrain herbeiführen müssen.

Für weitergehende Schlüsse ist das Material kaum hinlänglich umfassend, aber mit einigem Vorbehalt kann man doch durch Vergleichung der einzelnen Feuchtigkeitsbestimmungen mit den Observationen über die Regenmenge der betreffenden Jahre an der in einer Entfernung von 2 Kilometer gelegenen meteorologischen Station (Birbebäk) folgende Vorstellung über die Wasserbewegung im Boden gewinnen.

---

[1]) Eine frühere, von Docent Tuxen (s. Tidsskrift f. Skovbr. Bd. I p. 284) angestellte Untersuchung an Proben aus derselben Haide zeigte, dass die wasserhaltende Kraft im Bleisande und Untergrunde ungefähr gleich, nämlich 30 Procent war, während sie in der Rotherde fast das zweifache betrug: da ferner die Menge der in den Bleisand eingemischten Humuspartikeln nur klein ist, kann der Unterschied in der Feuchtigkeit der beiden untersuchten Schichten kaum einer anderen Ursache zugeschrieben werden, als der Verschiedenheit in der Verdunstung und in der Schnelligkeit der Wasserbewegung.

Während starke Regengüsse so schnell in den nackten Sandboden eindringen, dass der Grund schon nach Verlauf von ein paar Tagen in einer Tiefe von 6 Zoll ziemlich trocken ist, 2 Fuss unter der Oberfläche aber viel Wasser enthält, so braucht die Feuchtigkeit ungefähr ebenso lange Zeit, um den 3—4 Zoll dicken Torf zu durchdringen, wie im Sande eine Tiefe von 2 Fuss zu erreichen, und es dauert ungefähr 14 Tage, bis sie durch die Rotherdeschicht zu dringen vermag. (Juni-Beobachtungen.) In den Frühlingsmonaten hält ferner der Torf die Winterfeuchtigkeit so gut zurück, dass der Bleisand, 6 Zoll unter der Oberfläche, selbst nach einem sehr trockenen April, ebenso feucht ist, wie der nackte Sandboden in einer Tiefe von 26 Zoll. (Mai-Beobachtungen.) Eine längere Periode mit häufigen schwachen Regen erhält die Schicht unter dem Torf so feucht, dass sie weit nasser ist als der Untergrund; diese schwachen Niederschläge bringen nicht so viel Wasser, dass es durch den Ortstein hindurchdringen kann (Juli- und August-Beobachtungen). Erst nach einer langen, mehr als dreiwöchigen Periode der Trockenheit im Herbst wird der torfbekleidete Boden in einer Tiefe von 6 Zoll fast eben so trocken wie der nackte Boden (August- und September-Beobachtungen).

Diese Wahrnehmungen zeigen, wie uns scheint, trotz ihrer kurzen Zeitdauer deutlich, dass ein Uebergang von einem lockeren Sandboden zu einer torfbekleideten und festen Oberfläche mit einer Differenzirung der obersten Schichten in Bleisand und Rotherde eine durchgreifende Veränderung in den Feuchtigkeitsverhältnissen der Erdkruste mit sich führt, eine Veränderung, die für die Humifikation von so grosser Bedeutung ist. In nassen Jahren und namentlich in der feuchten Jahreszeit, besonders in den Herbstmonaten, wird der Haideboden, theils wegen der wassersaugenden Kraft des Torfes, theils wegen seines Schutzes gegen Verdunstung, theils endlich wegen der Undurchdringlichkeit der Rotherde, selbst auf dem trockensten und hochgelegensten Sandboden, reich an Feuchtigkeit oder sogar nass sein; in trockenen Perioden dagegen, in denen der Torf vermöge seiner schwarzen Farbe durchwärmt wird und daher stark austrocknet, wird die Bodenkruste über der Rotherdeschicht ausserordentlich trocken werden, da die Hygroskopicität ihr kaum Feuchtigkeit aus dem Untergrunde wird zuführen können. Die bedeutende Feuchtigkeit in dem grössten Theil des Jahres wird in Verbindung mit dem gehemmten Zutritt der Luft, gleichwie bei den

eigentlichen Torfbildungen, eine reichliche Entwickelung von Humussäuren bewirken, und die periodische starke Austrocknung wird im Verein mit dem fast vollkommenen Mangel des Bleisandes an mineralischen Basen, welche die Humussäuren neutralisiren könnten (wovon mehr weiter unten) die Bildung von Humusstaub und Humuskohlen herbeiführen, da mehrere der ursprünglich auflöslichen Humusstoffe durch die Austrocknung sehr schwer lösbar werden. Von einigermassen gleicher Wirkung werden wahrscheinlich lange Frostperioden sein.

Es ist allerdings nicht durchaus berechtigt, vom Unterschied zwischen der Feuchtigkeit der Bodenkruste in der Haide und in der Sandblösse auf den Unterschied zwischen der Wassermenge im Mull des Eichenwaldes und unter dem Torf der Haide zu schliessen; allein erstens war es nicht möglich, ein passendes Material zu finden, um den Boden unter dem Eichenkrüppelholz zur Untersuchung mit heranzuziehen, und zweitens scheint mir dies auch nicht nothwendig, um die mitgetheilten Wahrnehmungen anwenden zu können. Man hat nämlich das volle Recht, aus anderen Untersuchungen[1]) den Schluss zu ziehen, dass der oberste, vegetationtragende Boden noch trockener ist, als der nackte, vorausgesetzt, dass er nicht mit einer zusammenhängenden Schicht todter Pflanzenreste bedeckt ist, und eine solche ist in der Vegetationsperiode in den Eichenwäldern mit trockenem Boden niemals vorhanden. Die vielen Untersuchungen, welche über die Erdfeuchtigkeit unter verschiedenen Vegetationsdecken vorliegen, nöthigen zu dem Schluss, dass sich eine noch grössere Verschiedenheit zwischen der Feuchtigkeit in dem Torfboden und in dem Eichengehölzboden, als zwischen der Wassermenge in jenem und in dem nackten Boden ergeben wird. Unser Schluss, dass die Entwickelung der Torfbildung eine bedeutende Steigerung in der Feuchtigkeit der Erdkruste bewirke, wird daher durch den angedeuteten Mangel in der Beobachtungsreihe nicht beeinträchtigt. Dass die Steigerung der Feuchtigkeit dort am grössten ist, wo das Terrain eben ist und wo deshalb theils dem Boden etwas Oberflächenwasser zugeführt wird, theils mangelhafter Abfluss,

---

[1]) S. z. B. Marié-Davy, Annuaire météorologique de l'obs. phys. centr. Paris, 1874. p. 286. — Wollny, Der Einfluss der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens, Berlin, 1877, p. 135.

theils endlich ein hoher Stand des Grundwassers vorhanden ist, bedarf keines Beweises, und hier finden wir denn auch eine solche Zunahme der Versumpfung der Oberfläche, dass keine Grenze zwischen Haidetorfbildung und wirklicher Moortorfbildung gezogen werden kann; beide können, wie wir bei den Untersuchungen im Vindumer Walde gesehen haben, unter ganz analogen Formen und mit unmerkbaren Uebergängen auftreten.

Wir können daher aus diesen Wahrnehmungen den Schluss ziehen, dass die Veränderung des Mulls in Torf eine grössere Festigkeit und Dichtigkeit in der Erdkruste herbeiführt und oft in grossen Theilen des Jahres die Feuchtigkeit derselben in hohem Grade vergrössert. Diese Veränderungen bewirken, dass der Umsatz der organischen Abfälle unter theilweiser Absperrung der Luft vor sich gehen und deshalb den Charakter von Torfbildung mit einer reichlicheren Entwickelung von Humussäuren annehmen muss, wie dies von anderer Seite her genügend bekannt[1]) und durch früher angeführte Analysen hinlänglich bewiesen ist.[2])

Ausschlämmung der Bodenkruste. — Im ersten Theil[3]) dieser Arbeit wurde darauf hingewiesen, dass die oberste Schicht des Bodens allmählich einen Theil ihrer abschwemmbaren Partikeln einbüsst, was durch Johnstrup's, Girard's, Orth's und unsere eigenen Bestimmungen der Thonmenge in verschiedener Tiefe als vollkommen konstatirt anzusehen ist. Zu den Faktoren, womit man rechnen muss, wenn man Veränderungen im Boden untersuchen will, gehört also auch der Abschwemmungsakt.

Es geht aus den in der Literatur mitgetheilten Untersuchungen hervor, dass dieser Process, der allein der versetzenden Kraft des Wassers zuzuschreiben ist, die Thonmenge in der Bodenkruste verringert: dies ist an und für sich ein wichtiges Moment zum Verständniss der Beschaffenheit der obersten Schichten und wir haben schon oben bei der Besprechung der Veränderungen des Bodens in Bezug auf Dichtigkeit und Festigkeit eine Beziehung angedeutet, in welcher die Wasserbewegung für den Zustand der Bodenkruste Bedeutung erhalten kann. Für die vorliegenden Studien aber ist

---

1) So z. B. Liebig, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie, Bd. II p. 137 ff.

2) Vergl. Abtheilung I, p. 31—32, 102.

3) P. 61—62.

der Einfluss der Abschwemmung auf die Eisenmenge und die Lagerung der Humuspartikeln von besonderem Interesse.

Das Eisen ist im lehmigen Boden so innig an den Thon geknüpft, dass beide Stoffe auf gleichartige Weise von der Wasserbewegung ergriffen und fortgeführt werden müssen. Bei 19 Eisenbestimmungen aus lehmigem Waldboden auf sechs verschiedenen Waldlokalitäten in verschiedener Tiefe sind folgende durchschnittliche Mengen dieses Stoffs gefunden worden:

Entfernung von der Oberfläche.	Eisenoxydhydrat.
2,5 Zoll	1,1 Procent
5,0 „	1,2 „
7,5 „	1,5 „
10,0 „	1,7 „
12,5 „	1,8 „
15,0 „	1,9 „ .

Daraus ist zu ersehen, dass die Eisenmenge von der Oberfläche nach unten zu gleichmässig und zwar so schnell wächst, dass sie ungefähr in der Bodenkruste halb so gross ist, als in einer Tiefe von ca. 1½ Fuss, wo sie das in dem Untergrunde unserer lehmigen Ländereien gewöhnlich vorkommende Quantum von ca. 2 Procent erreicht. Ein Vergleich des Bodeninhalts an Eisen und Thon wird, wie Taf. IV Fig. 1 zeigt, ergeben, dass die Bewegungen dieser beiden Stoffe einander begleiten; sowohl die Thonmenge als die Eisenmenge ist auf dieser Tafel im Verhältniss zu dem Quantum ausgedrückt, das von jedem Stoff durchschnittlich im Untergrunde unseres lehmigen Waldbodens vorkommt, und die vollen Linien geben auf Fig. 1 die Bewegungen des Lehms und des Eisens in einem solchen Boden mit mullartiger Oberfläche an. Man sieht, dass die Bewegung so gleichförmig ist, wie man es überhaupt bei derartigen Bestimmungen erwarten kann, während sich ein wesentlicher und konstanter Unterschied ergiebt, sobald der Boden mit Torf bedeckt ist (die punktirten Linien).

Ferner zeigt sich bei den sehr mageren Sandböden (Taf. IV der Fig. 2) eine deutliche Abweichung in der Richtung der Linien (*a* und *a'*), welche die Bewegung der beiden gedachten Stoffe unter der mullbekleideten Oberfläche angeben. Muss man zwar annehmen, dass etwas Eisen auch hier mit dem Thon fortgeschwemmt wird, so ist doch die Menge des letzteren Stoffes so gering, dass kein be-

deutender Theil des Eisenoxyds mit dem Thon verbunden sein kann, sondern selbständig als Umhüllung der Sandkörner im Boden enthalten sein muss. Es wäre wohl denkbar, dass auch dieser Theil vom Eisen des Bodens von der Wasserbewegung ergriffen würde; ich bin aber überzeugt, dass dies nicht der Fall ist. Sowohl eine nähere Beobachtung der Strukturverhältnisse des eisenhaltigen Sandes selber, als der Umstand, dass, soweit mir bekannt, niemals Anhäufungen von Eisenoxyd im Boden angetroffen werden, die eine Zusammenschlämmung dieses Stoffes andeuten könnten, sowie es bei dem Lehm der Fall ist, sprechen bestimmt dagegen, dass das Regenwasser durch sein Hinabsinken in die Erde das Eisen fortschwemmen kann, wenn es nicht an den Thon geknüpft ist.

Wir können diese Bemerkungen in folgender Weise rekapituliren. In dem mullbekleideten, natürlichen Boden, welcher etwas Thon enthält, nimmt die Menge sowohl dieses Stoffs als auch des Eisens gleichförmig und in demselben Verhältniss vom Untergrunde nach oben zu ab, so dass die Erdkruste nur halb so viel enthält als der Untergrund in der Tiefe von ein paar Fuss, und dies Verhalten muss der ausschlämmenden Wirkung des Wassers zugeschrieben werden. In sehr thonarmen Böden mit Mulloberfläche, sowie im torfbekleideten Erdreiche findet dagegen ein bedeutender Unterschied in der Bewegung der genannten Stoffe statt, weshalb wir annehmen müssen, dass andere Ursachen, auf die wir unten zurückkommen werden, hier eine Beschränkung der Eisenmenge in der Oberfläche bewirkt haben.

Auch für die Lagerung der Humusstoffe in der Bodenkruste muss die Wasserbewegung von Bedeutung sein. In dem Eichenwalde mit Mullboden sind die durch das Auge wahrnehmbaren Humuskörper in der Oberfläche gelagert, und ihre Menge nimmt mit der Tiefe gleichförmig ab, bis jede sichtbare Spur organischer Reste verschwindet, wie auf Taf. III Fig. 1 angedeutet ist. Diese Lagerung der Humuspartikeln und der humosen Verbindungen kann nur zwei Ursachen zugeschrieben werden; sie müssen theils vom Wasser, theils von den Thieren, namentlich den Regenwürmern in den Boden hinabgeführt worden sein. Die Humusmenge in diesem Theil des Bodens überschreitet wohl im Allgemeinen nicht 3 Procent (Taf. VI Fig. 2), eine Erscheinung, deren Ursache einfach in der fortgesetzten Oxydation der organischen Reste zu suchen ist, welche überhaupt in diesem lockeren Sandboden sich rasch vollziehen muss und ohne Zweifel

die Ursache ist, dass die Humustheile auf gewissen Lokalitäten so schnell verschwinden, dass der Obergrund, wie wir gesehen haben, den Charakter von Bleisand annehmen kann (Taf. III Fig. 5). Die Analysen ergeben, dass die Humusmenge an solchen Stellen bis auf ungefähr $^1/_2$ Procent sinken kann (Taf. VI Fig. 2). Die Verbrennung der organischen Theile des Bodens geschieht wahrscheinlich schneller in gewissen Jahren, als in anderen, aber das Hauptresultat bleibt eine ziemlich konstante Mischung auf jeder Oertlichkeit.

In der Vertheilung der Humusstoffe spürt man sogleich eine Veränderung, sobald die Regenwürmer verschwinden und die Bodenkruste sich dicht verschliesst, namentlich wenn man seine Untersuchungen auf niedriger gelegenem Terrain anstellt, wo die Feuchtigkeit des Bodens grösser ist, als auf den Hügeln. Die Mullfarbe des Obergrundes nimmt hier nicht regelmässig mit der Tiefe ab; sondern die Humuspartikeln färben anfangs die ganze Schicht ziemlich gleichartig, und auf weiter fortgeschrittenen Bildungen beginnt eine schwache Anhäufung schwarzer Humuspartikeln auf dem Boden des Obergrundes und unmittelbar über der Schicht, in welcher die Rotherdebildung ihren Anfang genommen hat. (Fig. 3 auf Taf. III.) Wenn man die Uebergangsformen zwischen den durch Fig. 2 und 3 dargestellten Profilen untersucht und zugleich die bewegende Kraft des Wassers bedenkt, wird man kaum im Zweifel darüber bleiben, dass 3 aus 2 dadurch hervorgegangen ist, dass die Zersetzung der Humusstoffe durch die Verringerung des Zutritts der Luft gehemmt wurde, und dass das Wasser einen Theil der Humuspartikeln des Obergrundes mit sich geführt und zwischen den Sandkörnern, unmittelbar über der dichtesten Schicht des Bodens, der beginnenden Rotherdeschicht, abgelagert hat. Es muss hier zugleich daran erinnert werden, welchen Einfluss der Wechsel von Frost und Thau im Winter auf diese Ausschlämmung erhält. Bei wechselnder Witterung werden selbst in der dichtesten Bodenkruste die kleinen Partikeln vermöge der Krystallisation des Wassers und der ungleichen Wärmecapacität der verschiedenen Bestandtheile von einander getrennt. Der Frost lockert die Oberschicht und befördert dadurch die Hinabschwemmung der Humuspartikeln durch den groben Sand, gleichwie er an der Lagerung der verschiedenen Bestandtheile mit ungleichem Erwärmungsvermögen theilnimmt. Dieselben Kräfte, welche die bekannte Erscheinung hervorrufen, dass Steine aus dem Boden herausfrieren, muss auch eine Umlagerung der Elemente in der Oberfläche des

Haidebodens herbeiführen.[1]) Im Uebrigen haben die unten angeführten Durchsickerungsversuche direkt bewiesen, dass die kleinen Partikeln des Bleisandes leichter durch eine Schicht dieser Erde geschwemmt werden, als die Partikeln des Untergrundes durch eine entsprechende Erdprobe.

Wenn man zu dem oben mitgetheilten Verständniss von Fig. 3, Taf. III gekommen ist, wird man, indem man die Uebergänge zwischen den durch Fig. 3 und 4 dargestellten Profilen verfolgt, einsehen, dass die mächtigen Ortsteinschichten, welche namentlich in den feuchten Haiden vorkommen, in ihrer obersten Partie aus hinabgeschwemmten Humuspartikeln bestehen, die hier oft in solcher Menge gelagert sind, dass die Masse fast torfartig wird; die zahlreichen Sandkörner aber, welche man in diesem Theil des Ortsteins sieht, sind alle weiss und nackt, während diejenigen, welche sich in den tieferen Schichten des Ortsteins befinden, in eine Hülle von humussauren Verbindungen vollkommen inkrustirt sind, ein Zeugniss für die verschiedene Bildungsweise dieser Schichten. Wenn aber die im Boden des Obergrundes gelagerten Humuspartikeln in grösserer Menge angetroffen werden, ist es höchst wahrscheinlich, dass ihre Masse durch Zuschuss von den im Bodenwasser aufgelösten Humussäuren und humussauren Verbindungen vermehrt wird, worauf auch später angeführte Analysen hindeuten (Tab. VI). Die sandvermischte torfartige Masse hat nämlich ein bedeutendes Vermögen zum Wasseraufsaugen und wird deshalb das herabgesickerte braune Wasser lange zurückhalten, aus welchem sich bei starkem Frost oder anhaltender Dürre unlösbarer Humus in der Schicht selber ausscheiden kann. Dies wollen wir mit einem älteren dänischen Verfasser den „schwarzen Ortstein" (s. weiter unten) nennen, im Gegensatz zu dem braunen Ortstein, welcher die tiefer liegenden Partien der Schicht bildet. Auf trockenen Oertlichkeiten ist die Menge der hinabgeschwemmten Humuspartikeln weit geringer oder fast verschwindend (Taf. III Fig. 6 und 7) und auf ansehnlichen Strecken der Haide fehlt der schwarze Ortstein fast vollständig; auf solchen Stellen tritt der Ortstein mit weit schärferer Begrenzung nach oben hervor, als auf dem frischeren oder feuchten Boden.

Auswaschung der Bodenkruste. — Der nächste von

---

[1]) Vergl. z. B. Detmer, Die naturw. Grundlagen der allg. landwirthsch. Bodenkunde, Leipzig 1876, p. 273.

den Faktoren, womit man bei der Untersuchung der Veränderungen im Boden rechnen muss, ist die Auswaschung, die als ebenso wirklich existirend angesehen werden muss, wie die Ausschwemmung, obgleich ihre Bedeutung für den Boden oft übersehen wird.

Seit Liebig die, zwar früher angedeutete, aber fast ganz unbeachtete Eigenschaft, welche Absorptionsvermögen genannt wird, zur Geltung brachte, hat man in der allgemeinen Bodenkunde oft ziemlich einseitig, durch Hervorhebung der agrikultur-chemischen Bedeutung dieser Kraft, den auswaschenden Einfluss des Wassers, welcher in geognostischer Beziehung eine grosse Rolle spielt, ausser Acht gelassen. Durch das Absorptionsvermögen werden wohl namentlich die für den Ackerbau wichtigen Stoffe Ammoniak, Kali und Phosphorsäure im Boden zurückgehalten, aber der Gehalt des Drainwassers an Kalk und Salpetersäure und die Ablagerungen vieler Quellen von Kalk und Eisenocker zeugen genugsam von dem Vermögen des Wassers, den Boden auszuwaschen, und die Erscheinung muss zugleich als ein Resultat des Humifikationsprozesses in den organischen Elementen der Bodenkruste angesehen werden.[1]) Was den Kalk und die Salpetersäure betrifft, so ist es sehr häufig nachgewiesen worden, dass sie von der Absorption nur spärlich gebunden werden, aber das Verhalten des Eisens in dieser Beziehung ist weniger beachtet worden, einmal weil es von unserem Ackerboden nicht ausgewaschen zu werden scheint, da das Drainwasser so gut wie gar kein Eisen enthält[2]), und dann auch weil dieser Stoff für nicht sehr bedeutungsvoll in agrikultur-chemischer Beziehung angesehen wird, weil der bearbeitete Boden immer ansehnliche Mengen davon enthält. Man fühlt auf diesem Gebiet, dass die Studien über das Absorptionsvermögen von der Wissenschaft, die sich mit der

---

[1]) Hier sind selbstverständlich diejenigen Stoffe in unseren Gewässern, die von einer Fortspülung von der Oberfläche herrühren, ausser Acht gelassen.

[2]) Nach den von Zöller vorgenommenen Analysen der unorganischen, in dem im Lysimeter aufgesammelten, durch eine kleinere Erdschicht hindurchgegangenen Regenwasser enthaltenen Stoffe (s. Knop, Kreislauf des Stoffs, Leipzig 1868, Bd. II p. 194—199), war die Eisenmenge bei dieser sehr ansehnlichen Untersuchungsreihe durchschnittlich nur ca. $^1/_{27}$ der Kalkmenge. Ein ähnliches Resultat ergaben die grossartigen Drainwasseruntersuchungen auf Rothamsted (s. z. B. Heiden, Düngerlehre, Hannover 1879 p. 375) und viele andere.

Theorie des Ackerbaues beschäftigt, und nicht von der Geognosie selber vorgenommen sind.

Unsere zahlreichen eisenhaltigen Quellen, die, wenn ich nicht irre, weit häufiger vorkommen als die kalkhaltigen, zeugen genugsam davon, welch' grossartigen Umfang diese Abführung des Eisens von der Erdoberfläche hat, und es scheint, als ob das eisenhaltige Quellwasser und die Gewässer, welche längs ihren Ufern Ocker absetzen, vorzugsweise in sandigem Gelände vorkommen, auf welchem Wälder, torfbekleidete Haiden oder Moore bedeutende Mengen organischen Stoffes in der Bodenkruste abgelagert haben; in den Haidegegenden setzen fast alle kleineren Rinnsale Ockerüberzüge auf Steinen und Grashalmen längs den Rändern ab. Wir wollen unsere Wahrnehmungen über die Bedeutung der Auswaschung für die hier näher besprochenen, durchgehends äusserst kalkarmen Bodenarten mit einer Betrachtung über das Verhalten des Eisens beginnen.

Wenden wir uns zuerst zum lehmigen, aber torfbekleideten Waldboden, so wird eine wiederholte Betrachtung der Taf. IV Fig. 1 zeigen, dass Thon und Eisenoxyd hier nicht mehr denselben Weg verfolgen, wie auf denjenigen Stellen desselben Bodens, die mit Mull bedeckt sind. Die ausgeführten Analysen von vier mit Torf bekleideten Waldböden zeigen ein verhältnissmässig weit stärkeres Abnehmen des Eisens als des Thons nach der Oberfläche zu. Während sich hier in einem Abstande von 15—29 Zoll von der Oberfläche noch 60—70 Procent der Lehm- und Eisenmenge vorfanden, welche in einer Tiefe von ca. 4 Fuss vorkommt, war die Eisenmenge zwei Zoll unter der Oberfläche unter 10 Procent von der des Untergrundes herabgesunken, wogegen die Lehmmenge noch 40 Procent oder ungefähr ebenso viel ausmachte, wie auf demselben Boden an den Stellen, wo dieser mit lockerem Mull bedeckt war. Da eine selbständige Ausschwemmung des Eisens aus dem Lehm hier für unmöglich anzusehen ist, muss ein anderer Faktor den Boden des erstgenannten Stoffs beraubt haben; und man kann sich schwerlich eine andere Weise denken, wie dies hätte geschehen können, als durch die Reduktion des Eisenoxyds und seine Fortführung in der Gestalt auflöslicher Eisenoxydulsalze. Die grauweisse Farbe, welche die Bodenschicht (Bleisand) auszeichnet, die sich unmittelbar unter der humosen Decke des torfbekleideten Bodens befindet, bekundet unmittelbar diese Verminderung der Eisenmenge.

Der sandige, äusserst thonarme Boden der Haidegegenden zeigt,

wie oben berührt (Taf. IV Fig. 2), eine ähnliche starke Abnahme des Reichthums der Bodenkruste an Eisenoxydhydrat, und zwar sowohl unter dem Mull als unter dem Torf, aber im Allgemeinen ist diese Abnahme doch weit grösser unter dem festen Torf, als unter der lockeren Blätterdecke; nur stellenweise erreicht sie denselben Umfang unter beiden Verhältnissen. Auf dem Mullboden ist das Eisen aus dem humusgemischten Obergrunde in einem verhältnissmässig weit höheren Grade verschwunden als der Thon, und auf dem torfbekleideten Haideboden ist die dem Obergrunde der Mullpartien entsprechende Bleisandschicht durch das Verschwinden des Eisens entfärbt worden. Die ganze Lagerungsweise dieses Stoffs ist eine solche, dass auch diese sich nur durch einen Auflösungsprozess, nicht durch eine Abschwemmung erklären lässt.

Wie ist es nun zu verstehen, dass die Auflösung des Eisens in der Bodenkruste im Wesentlichen theils an eine bestimmte Humusform geknüpft, theils, wo diese nicht vorhanden, auf den magersten, thon- und kalkarmen Sandboden beschränkt ist? Es sei zur Erklärung dieser Frage auf zwei Momente hingewiesen, welche beide mit den dargelegten Veränderungen in der Konsistenz und den Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens in der genauesten Verbindung stehen und deren Bedeutung für die Auswaschung in demselben Grade steigt, als die Bodenkruste entweder vermöge ihrer Entstehung oder ihrer Zusammensetzung an Thon, sowie an Eisen, Kalk und anderen basischen Elementen arm ist, oder durch den Einfluss des Wassers derselben beraubt wurde.

Wenn erstens der Boden in Folge des Verschwindens der ihn bearbeitenden Thierformen seine Konsistenz verändert, fest und dicht und von der einen grossen Theil des Jahres mit Wasser durchzogenen Torfschicht bedeckt wird, wodurch die atmosphärische Luft von dem mit humosen Stoffen untermischten Boden abgeschlossen wird, so muss das Eisen von dem Kohlensäure enthaltenden Wasser ausgewaschen werden. Es ist nämlich ein, soviel ich weiss, von Niemand bestrittener Erfahrungssatz, dass das Eisenoxydhydrat unter solchen Verhältnissen, von den nach Sauerstoff begierigen gährenden Humusstoffen beeinflusst, zu Eisenoxydul reduzirt wird, worauf es als leicht lösliches kohlensaures oder doppeltkohlensaures[1]) Eisenoxydul von dem kohlensäurehaltigen Wasser zu tieferen Erd-

[1]) Senft, Steinschutt und Erdboden, Berlin 1867, p. 274.

schichten hinab oder in Quellen und Rinnsale hinausgeführt wird, wo es dann wiederum durch die Oxydation des Eisens und das Verschwinden der Kohlensäure sich als Eisenocker absetzt.

Es ist klar, dass dieser Prozess um so rascher zur Bildung der weissgrauen eisenarmen Schicht führen muss, je geringer die Eisenmenge an und für sich ist, und wir sehen deshalb die Bleisandbildung in dem thonigen oder lehmigen Boden von oben beginnen, wo das Eisen schon wegen der Ausschlämmung in geringster Menge vorhanden ist. Die durch das Wasser bewirkte Abschwemmung des eisenhaltigen Thons von der Bodenkruste hat auf diese Weise schon in dem Mullboden der Bleisandbildung den Weg bereitet: diese kann aber erst dann zur Vollendung gelangen, wenn die atmosphärische Luft durch die Torfschicht oder auf andere Weise ausgeschlossen wird.

Auf dem mageren Sandboden der Haiden mit Mulloberfläche, wie z. B. in den Eichengehölzen mit lockerem Sandmull, ist noch ein Faktor zur Förderung der Auswaschung erforderlich, nämlich die Regenwürmer; denn es ist nicht anzunehmen, dass eine einfache Mischung des eisenhaltigen Sandes mit organischem Detritus hinreichen würde, um in einer so lockeren und im Allgemeinen der Luft leicht zugänglichen Mischung, wie der Mull-Sandboden in den Gehölzen, das Eisen zu beschränken und es mittelst des Wassers fortzuführen. Darwin hat nämlich dargethan, dass eisenhaltiger Sand, wenn er durch den Darmkanal der Regenwürmer passirt, der die Sandkörner einschliessenden Ockerhülle beraubt wird, so dass die Exkremente weisse Sandkörner, vermischt mit einer aus Eisenoxyd in inniger Mischung mit organischer Substanz bestehenden Feinerde, enthalten.[1]) In einer so gebildeten Feinerde wird das Eisenoxyd in besonders hohem Grade der Reduktion ausgesetzt sein, sobald, wenn auch nur in kürzeren Perioden, dem Zutritt der Luft Hindernisse in den Weg gelegt werden, wie z. B. wenn im Frühling der Frost in der Erde die Bewegungen des Wassers hemmt und die Bodenkruste eine Zeit lang nass erhält. Ich bin fest überzeugt, dass die starke Abnahme der Eisenmenge in dem von den Regenwürmern durchgearbeiteten Obergrunde des Bodens in dem Eichengebüsch (Taf. IV Fig. 2 *a'*), welche stellenweise zum fast vollständigen Verschwinden des Eisens führen kann (Taf. III Fig. 5), und welche die Veränderung dieser Schicht in typischen Bleisand so sehr erleichtert,

---

[1]) Darwin, Vegetable mould, p. 240—241.

sich auf diese Weise ganz natürlich erklären lässt, wobei nicht zu übersehen ist, dass der besprochene Zustand wahrscheinlich das Resultat von einer Jahrhunderte lang fortgesetzten Thätigkeit dieser Thiere ist. Dass ähnliche Ursachen in dem besseren, lehmigen Boden nicht dieselbe Wirkung haben können, ist ohne Zweifel dem Umstande zuzuschreiben, dass die Mullschicht hier an anderen absorbirenden Stoffen als dem Eisen reich ist, und dass jene in den kurzen Perioden, in denen die theilweise Absperrung der Luft stattfinden kann, eine Ausziehung dieses Stoffs durch das kohlensäurehaltige Wasser verhindern werden.

Die zweite Hauptursache der Auswaschung des Eisens aus der Oberfläche des torfbekleideten Bodens ist die Bildung bedeutender Mengen löslicher Humussäuren im Torf und das Hinabsinken derselben in den Boden mit dem Regenwasser. Ihre Bildung wird nicht nur durch die Absperrung der Luft, sondern auch durch den nachgewiesenen grösseren Feuchtigkeitsgrad, welcher den Haidetorf im Vergleich mit dem mullartigen oder nackten Boden einen grossen Theil des Jahres hindurch kennzeichnet, in hohem Grade begünstigt.

Die auf dem trockenen Lande gebildeten Torfschichten treten wahrscheinlich mit einer grossen Reihe verschiedener Formen auf, die alle noch so gut wie unbekannt sind, und welche vermöge des Unterschiedes in der Beschaffenheit ihrer Humifikationsprodukte keineswegs einen gleichen Einfluss auf die unterliegenden Erdschichten ausüben, die aber alle unverkennbar eine weit stärkere Entwickelung von Humussäure veranlassen, als die Humifikationsprozesse der gut ventilirten lockeren Mullböden.

Die Torfkruste der Haide selber hat einen verschiedenen Charakter in alten und neuen Haidebildungen, wie schon Emeis nachgewiesen hat[1]); bei jenen hat der Torf oft eine fast blauschwarze oder tintenartige Farbe, die möglicherweise von gerbsaurem Eisenoxyd[2]) herrührt, und die Schicht ist dichter und von feinerer Struktur, namentlich nach unten zu, als der Torf der jungen Haidebildungen, welcher bräunlich ist und in dem die Pflanzenreste ihre ursprüngliche Struktur besser bewahrt haben.

Emmerling und Loges[3]) haben auf den Antrieb von Emeis eine

---

[1]) Waldbauliche Forschungen und Betrachtungen, Berlin 1875 p. 35.

[2]) Tuxen, Om Lyngskjoldens Udluftning (Tidsskr. f. Skovbr. Bd. II p. 195).

[3]) Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 1883, p. 73.

Untersuchung von Haidetorf aus trockenem und aus nassem Haideboden, sowie von Buchentorf vorgenommen, wobei es sich zeigte, dass dieser letztere eine weit grössere Menge in reinem Wasser löslichen Humusstoffs enthielt, als die ersteren. Aehnliche Bestimmungen sind von Tuxen an Torfproben aus mittelfeuchter Haide bei Birkebäk und aus dem Buchenwalde im Strandgehege bei Hellebäk gemacht worden und das Resultat stimmt in der Hauptsache mit demjenigen, wozu die oben genannten Chemiker gekommen sind, überein. Es wurden nämlich von 100,000 Theilen Humussubstanz folgende Quantitäten bei 14—18 ⁰ C. in reinem Wasser aufgelöst:

	Trockene Haide.	Nasse Haide.	Buchenwald.
Nach Emmerling und Loges .	66	197	678
Nach Tuxen	143		452

Wie hier der direkte Beweis geführt ist, dass ein grosser Unterschied vorhanden ist in der Menge von Humusstoff, welche das Regenwasser in aufgelöstem Zustande von den verschiedenen Torfarten mit sich führen kann, so deutet die allgemeine Beschaffenheit des Torfs und die Färbung der unterliegenden Schichten auf weitere Verschiedenheiten hin. So ist oben berührt worden, dass der Fichtentorf schwerlich grosse Massen löslicher Humussäuren erzeugt, wahrscheinlich noch weniger als der Haidetorf; auch ist hier noch an den Gehalt des Fichtentorfs an wachs- oder harzartigen Stoffen zu erinnern, die durch Untersuchungen von Senft[1]), Tuxen[2]) und Anderen nachgewiesen sind und sich wahrscheinlich nicht im Buchentorf finden.

Obgleich wir demnach von der chemischen Beschaffenheit der verschiedenen Torfformen und der Löslichkeit ihrer Humusstoffe nicht mehr wissen, als dass bedeutende Verschiedenheiten in dieser Beziehung obwalten, und zwar sowohl je nach den Pflanzenabfällen, welche die Masse des Torfs bilden, als auch nach den Stellen, wo derselbe gelagert ist, so sind wir doch sicher zu der Annahme berechtigt, dass alle diese Torfformen, insofern sie auf freie Humussäure eine saure Reaktion geben, und insofern der unter dem Torf gelagerte Bleisand gleichfalls sauer reagirt, freie, auflösliche Humussäure, die mit dem Regenwasser in den Boden hinuntergeführt werden kann, enthalten müssen.

---

[1]) S. z. B. Steinschutt u. s. w. p. 326.

[2]) Tidsskr. f. Skovbr. Bd. II p. 196.

Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass dieses humussäurehaltige Wasser, ebensowohl als das kohlensäurehaltige, zur Auswaschung des Bodens, theils indirekt durch die Oxydation der humussauren Salze zu leicht löslichen kohlensauren Salzen, theils indirekt durch das auflösende Vermögen der sauren Flüssigkeit selber beiträgt, eine Anschauung, die auch von Forchhammer[1]) u. A. vollkommen getheilt wird. Ein Versuch, diesen Prozess im Einzelnen zu verfolgen, wäre indess nicht anzurathen, wenn man die ganze Kenntniss, die wir überhaupt von den Humusstoffen und ihren Verbindungen haben, sowie die sich widerstreitenden Anschauungen über diese schwierige Stoffgruppe bedenkt, wie man sie bei den verschiedenen Verfassern, die sich mit derselben beschäftigt haben, wie Mulder, Senft, Detmer, König, Grandeau u. A., vertreten findet. Für uns kommt nun noch zu den übrigen die Schwierigkeit hinzu, dass die verschiedenen Verfasser fast ausschliesslich das Vorkommen der besprochenen Stoffe in dem alkalisch oder neutral reagirenden Ackerboden vor Augen gehabt haben, während, wenn ich mich nicht irre, Untersuchungen über das Verhalten der Humate in einem so sauren Boden, wie dem hier in Rede stehenden, gänzlich fehlen.[2])

Die Rolle, welche die Humussäuren oder möglicherweise das humussaure Ammoniak[3]) bei der Auswaschung des Bodens unter einer Torfschicht spielen müssen, kommt namentlich bezüglich des Thonerdehydrats zum Vorschein, da dieser Stoff bekanntlich mit der Kohlensäure keine Salze bildet, wesshalb dieselbe auch nicht denselben Einfluss auf die Auswaschung jenes Stoffs aus dem Boden erhalten kann, wie auf die des Eisens und der alkalischen Erdarten. Es ist nämlich aus Taf. V Fig. 1 ersichtlich, dass die Thonerde in der Hauptsache die Bewegungen des Eisenoxyds im Bleisande und

---

[1]) Forchhammer, Om Marsk, Dynd og Törv (Johnstrup, Forchh. Almenfattelige Afh. u. s. w. Kbhn. 1869, p. 416 ff.).

[2]) Darwin citirt an mehreren Stellen in „Vegetable mould“ eine Arbeit von A. A. Julien, welche ausführlichere Aufschlüsse über das auflösende Vermögen der Humussäure zu geben scheint. Leider habe ich diese Abhandlung nicht einsehen können, da der Band von Proc. American Assoc. of Science, in dem dieselbe sich befindet, zufällig in allen öffentlichen Bibliotheken sowohl hier, wie auch in Schweden, wo ich mich danach erkundigt habe, fehlt.

[3]) S. Senft an vielen Stellen, z. B. Steinschutt u. s. w. p. 311.

in der Rotherde begleitet; in der erstgenannten Schicht ist ihre Menge oft ebenso stark verringert wie die des Eisens und befindet sich gleichwie dieses bisweilen stark angehäuft in dem unterliegenden Ortstein. Diese Wahrnehmung scheint darauf hinzudeuten, dass sich auch aus dem Thonerdehydrat Verbindungen bilden können, die in humussäurehaltigem Wasser in gleicher Weise löslich sind, wie dies von Mulder[1]) und Senft[2]) nicht nur bezüglich des Eisenoxyduls[3]) sondern auch des Eisenoxyds nachgewiesen ist, obgleich sich diese Mittheilungen nicht ohne Schwierigkeit mit den Aeusserungen Anderer, z. B. König's[4]) in Uebereinstimmung bringen lassen. Man muss indess bedenken, welch' grosser Unterschied vorhanden ist zwischen dem Versuchsmaterial der Laboratorien und der äusserst bunten Kombination zusammengesetzter Verbindungen, namentlich mehrbasischer Salze mit Ammon und anderem Alkali, in denen die gedachten Stoffe im Boden vorkommen können. Es scheint mir unter diesen Umständen nicht ganz unberechtigt, ohne Rücksicht auf die verschiedenartigen Ansichten, welche sich über die Löslichkeit der betreffenden Humate in der Literatur vorfinden, eine Anschauung über das Vermögen des humussäurehaltigen Wassers, Sesquioxyde aufzulösen, auf solche Wahrnehmungen wie die über die erwähnten mächtigen Bleisandbildungen unter Mooren mit Sandboden u. dergl. zu stützen. Mit der aufgestellten Ansicht stimmt sehr gut die Wahrnehmung, dass keine sichtbare Auswaschung da vorkommt, wo die Bodenschicht, auf welcher der Torf ruht, besonders reich an stärkeren unorganischen Basen ist, die, wie der Kalk und die Verwitterungsprodukte des Granits, theils die Humussäuren binden, theils deren Oxydation zu Kohlensäure befördern können.

---

1) Mulder, Chemie der Ackerkrume, Berlin 1861, Bd. I p. 353 ff.

2) Senft, Humus-, Marsch-, Torf- u. s. w. p. 29 und Steinschutt und Erdboden p. 41—44, 56, 249 u. s. w.

3) Dass das humussaure Eisenoxydul in kohlensäurehaltigem Wasser löslich ist, hat Docent Tuxen nachgewiesen.

4) A. König, Ueber das Absorptionsvermögen humoser Medien (Landw. Jahrb. Bd. XI, 1882) ist der Meinung, dass die Absorption neutraler Salze durch den Boden auf der Bildung von unlöslichen Doppelsalzen mit Kalk, Magnesia, Eisenoxyd und Thon beruhe. Wie sich das Verhältniss bei der Anwesenheit freier Humussäure gestaltet, von welcher man gewöhnlich annimmt, dass sie das Absorptionsvermögen aufhebt, wird indessen nicht berührt.

Meine Ansicht ist also die, dass neben der Rolle, welche das kohlensäurehaltige Wasser unstreitig bei der Auswaschung der Bodenkruste spielen muss, wenn sich eine dichte, oft wassergetränkte, die Luft absperrende Torfschicht gebildet hat, auch die mit dem Regenwasser hinabsickernden Humussäuren sogar in einem sehr wesentlichen Grade zur Bildung des Bleisandes beitragen können, obgleich unzulängliche Kenntniss der Löslichkeit der Humate die letztere Annahme weniger unbestreitbar macht, als die erstere. Der ganze Prozess ist ja im Uebrigen ganz dem bekannten Verhältniss analog, dass sich im Boden, namentlich in den tieferen Schichten desselben, sogar recht mächtige entfärbte, bleisandartige Partien um vermodernde Wurzeln bilden können, deren Humifikation den Eisenocker reduzirt hat, worauf das gebildete Oxydulsalz vom Wasser weggeführt ist.

Ein erschöpfenderes Verständniss der Bleisandbildung erhalten wir indessen erst durch eine nähere Betrachtung des Absorptionsvermögens.

Absorption. — Wenn die unmittelbar unter der humosen Abfalldecke liegende Bodenschicht durch die Ausschlämmung der Feinerde, die Auswaschung der färbenden Eisenverbindungen und die Oxydation eines grossen Theils der Humusstoffe in Kohlensäure so stark entfärbt worden ist, dass sie eine weissliche, weisslichgraue oder bleigraue Farbe angenommen hat, und wenn die Humusform ausgeprägter Torf ist, so wird diese Schicht nach unten stets von Ortstein oder Rotherde begrenzt. Es ist anscheinend eine Differenzirung in den Elementen der Bodenkruste vorgegangen, wodurch die stärker färbenden Stoffe sich zu unterst gelagert haben.

In der ersten Abtheilung dieser Untersuchungen ist es als Hypothese aufgestellt worden, dass diese Lagerungsweise von Eigenthümlichkeiten in dem Absorptionsvermögen der Schichten herrühren müsse, und auf die Untersuchung der Richtigkeit dieser Hypothese sind die fortgesetzten Studien gerichtet gewesen.

Wir wenden uns zuerst zum Verhältniss des Bleisandes zu jener Eigenschaft des Bodens, welche Liebig „eins der merkwürdigsten Naturgesetze“ nennt, und vermöge welcher aufgelöste Mineralstoffe und färbende Stoffe, welche mit dem Wasser in die Erde hinabgeführt werden, von dieser festgehalten werden, so dass z. B. braune und stinkende Mistjauche, wenn sie eine Erdschicht von passender Mächtigkeit durchdringt, rein und geruchlos heraussickert, und wir

beginnen unsere Beobachtungen ganz elementarisch, indem wir versuchen, wie der Bleisand sich zu der bräunlichen Flüssigkeit verhält, die sich mittels kalten destillirten Wassers aus der Torfkruste ziehen lässt.

Der gewöhnliche gelbe Haidesand entfärbt diese Humusauflösung gänzlich. 200 Gramm gelben Sandes aus der Holter Pflanzung wurden in einer 4—5 Centimeter weiten Glasröhre mit trichterförmiger Spitze angebracht und zehn Tage hindurch täglich mit 1050 Kubikcentimeter sepiabrauner Flüssigkeit, die durch Behandlung von 115 Kubikzoll Torf mit 230 Kubikzoll destillirten Wassers dargestellt war, getränkt; ein anderes Quantum von 200 Gramm desselben Sandes wurde gleichzeitig mit demselben Quantum destillirten Wassers behandelt. Die Flüssigkeit, die durch beide Trichter hindurchlief, war ganz gleich, vollkommen klar, hinterliess beim Eindampfen keinen verbrennbaren Stoff und einen so verschwindenden unorganischen Rest, dass dieser sich nicht bestimmen liess. Die übrigen Versuche wurden auf dieselbe Weise und mit denselben Quantitäten angestellt.

Eine Bleisandprobe, ebenfalls aus der Haide bei Holt in Jütland, aber an einer anderen Stelle entnommen, wurde auf die angeführte Weise behandelt; das braune Wasser lief mit unveränderter Farbe hindurch. Es enthielten 100 Kubikcentimeter von

	Haidekruste-extrakt:	destillirtem Wasser durch den Bleisand passirt:	Haidekrusteextrakt durch den Bleisand passirt:
	Gramm	Gramm	Gramm
festen Stoff . .	0,008	0,009	0,011
wovon:			
organischen Stoff	0,004	0,004	0,006
Asche	0,004	0,005	0,005

Der Versuch wurde wiederholt mit Erdproben aus altem Buchenwald (Teglstruper Gehege) mit einer vegetationsarmen Torfdecke von 4 Zoll Dicke, unter welcher eine lehmige, grauliche, stellenweise von Humussäuren dunkler gefärbte Schicht von 3 Zoll Mächtigkeit lag, worauf eine 4—5 Zoll dicke, lockere, unregelmässige Rotherde auf lehmiger Unterlage folgte; das braune Wasser sickerte durch den Bleisand ohne entfärbt zu werden, wurde aber vollständig klar, nachdem es die Erde des Untergrundes passirt hatte.[1])

[1]) Beide Erdproben waren vor dem Versuche einer kurzen Waschung mit destillirtem Wasser unterworfen worden.

Sowohl das durchgesickerte humussäurehaltige, als auch das destillirte Wasser liess übrigens beim Eindampfen einen verhältnissmässig ansehnlichen Rest zurück, der beim Bleisande jedoch weit grösser war als beim Untergrunde. Da es von Interesse ist, zu sehen, eine wie grosse Menge Feinerde der Bleisand enthalten kann, ohne das humussäurehaltige Wasser entfärben zu können, sei hier die Schwemmungsanalyse dieses Profils angeführt:

	Bleisand.	Untergrund.
Sand über 1 mm . .	9 Procent	6 Procent
Sand von $^1/_3$—1 mm .	26 „	22 „
Sand unter $^1/_3$ mm . .	48,4 „	51,6 „
Thon	16,6 „	20,4 „

Aehnliche Durchsickerungsversuche wurden mit zwei Erdproben angestellt, die vom Forstassistenten Hintz auf einer dritten, von den vorigen ziemlich verschiedenen Oertlichkeit, einem dem Westwinde ausgesetzten Abhang im Silkeborg Nordskov, die mit einem recht guten 70—80jährigen Buchenwalde bestanden ist, herausgenommen war. Hier befand sich $2^1/_2$ zölliger Buchentorf mit Moos und spärlich vorkommender *Aira flexuosa,* 10—12zölliger graulicher Bleisand mit groben Körnern und sehr geringer Thonmenge, eine schwache Rotherdebildung und ein ockergelber, aber nicht ganz von Thon entblösster Untergrund. Dasselbe Quantum Erde wie bei den vorhergehenden Versuchen wurde erst mehrere Tage lang mit grossen Mengen destillirten Wassers ausgewaschen, so lange bis die Flüssigkeit aus beiden Erdproben farblos herausfloss, bei welchem Prozess eine nicht geringe Menge lehmiger Feinerde von beiden Proben fortgeschwemmt wurde; sie wurden darauf mit einem madeirafarbigen Extrakt von Buchentorf getränkt, und dies Wasser lief farblos durch die Probe vom Untergrunde, aber mit ungeschwächter Färbung durch die Bleisandprobe.

Die zu den vorstehenden Versuchen verwendeten Wassermassen sind zu gross im Verhältniss zur Menge der Versuchserde, als dass man der Grösse des Eindampfungsrestes der durchgesickerten Flüssigkeit eine besondere Bedeutung beilegen dürfte, und zwar um so weniger als oft eine ansehnliche Menge ausgeschwemmter Partikeln bei mehreren der Proben die Zahlangaben ganz werthlos machen. Das Hauptresultat dieser Versuche ist aber der thatsächliche Nachweis, dass Bleisandschichten von sehr verschiedenem Boden, theils

mit recht grosser, theils mit äusserst geringer Lehmmenge, die aus dem Torf gezogene braune Flüssigkeit nicht entfärben können, während der Boden in den tieferen Schichten, der Grund unter dem Ortstein, selbst wo letzterer (wie bei der Probe aus dem Teglstruper Gehege) nur 8 Zoll unter der Oberfläche liegt, und der Abstand zwischen den Punkten, auf denen die Versuchsproben herausgenommen wurde, nur ca. 6 Zoll beträgt, dennoch das Wasser so vollständig entfärbt, wie gewöhnlicher guter Mullboden.[1])

Es ist durch diese Versuche festgestellt worden, dass die Bleisandbildung eine Veränderung im Absorptionsvermögen des Bodens herbeiführt. Um aber dieses wichtige Verhältniss näher kennen zu lernen, ist eine grosse Menge von Absorptionsversuchen nach Knop's Methode auf verschiedenem Boden vorgenommen worden. Sie sind durch die graphischen Darstellungen auf Taf. V, VI und VII illustrirt.[2])

Taf. V Fig. 3 und 4 zeigen das Absorptionsvermögen von drei vollständig typischen und einer nicht ganz normalen Bleisandbildung aus vier verschiedenen Oertlichkeiten auf Haideland und in Buchenwäldern in verschiedenen Theilen des Landes und auf sehr verschiedenem Untergrunde. Es geht aus dieser Darstellung hervor, dass die Phosphorsäurenabsorption auf den drei typischen Oertlichkeiten vollkommen aufgehoben und auf der vierten bis auf ein Weniges beschränkt, dass aber die Ammoniakabsorption gleichfalls

---

[1]) Zum Verständniss dieser Erscheinung vergl. p. 208 Anm. 1.

[2]) Alle Erdproben sind von mir selbst mit der grössten Sorgfalt herausgenommen worden, bis auf einige wenige, die nach einer ausführlichen Instruktion von mir behülflichen Forstleuten geliefert wurden; es geschah dies aber nur auf Punkten, wo ich selbst den Boden sorgfältig studirt hatte und deshalb die genauesten Anweisungen zu geben im Stande war.

Es wurden im Ganzen 120 Absorptionsversuche mit 40 Erdproben von 12 verschiedenen Oertlichkeiten vorgenommen: an allen behandelten Erdproben wurde gleichzeitig eine mechanische und eine theilweise chemische Analyse ausgeführt. Eine der Versuchsreihen hat jedoch ausgelassen werden müssen, weil die Aufzeichnungen über die Tiefen, in denen die Erdproben herausgenommen waren, abhanden gekommen. Die Beschaffenheit der untersuchten Profile und alle bei den quantitativen Bestimmungen gefundenen Zahlen sind in der im Anhange befindlichen Abhandlung des Docenten Tuxen angeführt.

Bei der kritischen Behandlung dieses ansehnlichen, von Docent Tuxen durch eine mehrere Jahre hindurch fortgesetzte Arbeit hergestellten Materials wird man ohne Schwierigkeit örtliche Verschiedenheiten und Abweichungen in

in den typischen Bleisandbildungen sehr beschränkt ist. Obwohl die übrigen, auf Taf. VI dargestellten Verhältnisse scheinbar von den eben erwähnten etwas abweichen, stimmen sie doch bei einer näheren Betrachtung, wie wir später sehen werden, alle recht gut mit einander überein[1]), und wir dürfen daher schon jetzt über das Absorptionsvermögen des typischen Bleisandes folgende Sätze aufstellen: die Schicht vermag nicht, oder jedenfalls nur zum Theil, die organischen Stoffe dem durchsickernden Wasser zu entziehen, ihre Säurenabsorption ist entweder vollständig aufgehoben oder doch in hohem Grade beschränkt, und ihre Basenabsorption scheint nur einigen Umfang zu erreichen, wenn sie lehmig oder humushaltig ist.

Es ist nun die Frage, was diese ausserordentlich bedeutungsvolle Veränderung im Boden herbeigeführt hat, und ob der gesuchte Faktor mit den oben nachgewiesenen Veränderungen, die sich alle auf den Uebergang des Bodens von lockerem Mull zu dem festen torfbedeckten Zustand zurückführen lassen, in Verbindung steht.

Wenn man Taf. V betrachtet, so wird man durch einen Vergleich der Fig. 1 und 2 mit Fig. 3 und 4 erkennen, dass die genaueste Verbindung zwischen dem Gehalt des Bleisandes an den Sesquioxyden Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat und an Humusstoff einerseits und seinem Absorptionsvermögen gegen Phorsphorsäure und Alkali andererseits besteht. Wo die Eisenmenge bedeutend

---

der Absorption bei Erdschichten von scheinbar gleichartiger Beschaffenheit entdecken: namentlich zeigt die Kaliabsorption auf einigen Oertlichkeiten auffallende Abweichungen vom Gewöhnlichen. Demjenigen, welcher eine genügende Kenntniss von diesem äusserst komplizirten Prozess hat, wird dies leicht verständlich sein, und man wird einsehen, dass bei der Ableitung der Hauptresultate eine gewisse statistische Methode befolgt werden muss, so dass man sich nicht durch zufällige örtliche Abweichungen von der Hauptrichtung der Bewegung abbringen lässt. Dieses Verfahren, das bei einer Untersuchung der vorliegenden Art unerlässlich ist, giebt selbstverständlich verschiedenen Auffassungen Raum und fordert zu einer eingehenden Erörterung der Abweichungen auf. Von einer solchen ist jedoch hier abgesehen, da meiner Meinung nach nicht hinlänglich umfassende Daten vorliegen, um derselben wirkliche Bedeutung zu geben.

[1]) Die wesentlichste Nichtübereinstimmung besteht darin, dass die Kaliabsorption in den auf Taf. V dargestellten vier Profilen ganz der Ammoniakabsorption folgt, aber in den auf Taf. VI dargestellten beiden, ungewöhnlich humusreichen Haideprofilen gleichförmig mit der Tiefe abnimmt.

unter 0,5 Procent sinkt, ist die Phosphorsäurenabsorption ganz aufgehoben und sie ist äusserst gering in allen denjenigen Bildungen, deren Eisenmenge nicht 0,5 Procent übersteigt, während die Ammoniakabsorption besonders auf die an humussauren Salzen reichsten Schichten beschränkt zu sein scheint, was mit König's[1]) Untersuchungen über das Absorptionsvermögen der Humusstoffe gegen alkalische Flüssigkeiten gut übereinstimmt. Wo der Mull des Eichengebüsches den Charakter von Bleisand annimmt, verhält sein Absorptionsvermögen sich demnach in der Hauptsache auch wie das des normal gelagerten Bleisandes (Taf. VI). Die hier nachgewiesene Verbindung zwischen der Menge von Sesquioxyden und Humus einerseits und dem Absorptionsvermögen andererseits stimmt vollkommen überein mit dem, was andere Verfasser über die absorbirenden Stoffe des Bodens dargelegt haben.

Das Absorptionsvermögen des Eisenoxydhydrats wird schon seit lange als ausserordentlich gross angesehen, so dass man sogar auf Grund eingehender Untersuchungen behauptet hat, das Absorptionsvermögen des Bodens gegen Phosphorsäure stehe in direktem Verhältniss zu seinem Gehalt an Eisenoxydhydrat, welches auch mit grosser Intensität das Alkali aus alkalischen Salzen absorbire.[2]) Ist es auch später nachgewiesen worden, dass dieser Satz in seiner Allgemeinheit unhaltbar ist[3]), so sind doch Alle darüber einig, dass das Eisenoxyd eine hohe Bedeutung für das Absorptionsvermögen des Bodens hat.[4]) Für unsere Untersuchung erhält indess dieser Punkt ein ganz besonderes Interesse, da die besprochenen Bodenarten — welche entweder ihrer ursprünglichen Natur zufolge (der magere Haideboden) an solchen anderen absorbirenden Stoffen[5]), die gewöhnlich den hier sehr spärlich vorkommenden Thon begleiten,

---

[1]) König, Ueber das Absorptionsvermögen hum. Medien. (Landw. Jahrb. Bd. XI, 1882.)

[2]) R. Warrington jun., Ueber die absorbirende Kraft des Eisenoxyds und der Thonerde in Bodenarten (Journal für praktische Chemie Bd. 104, 1868 p. 316).

[3]) S. z. B. J. Frey, Untersuchungen über das Absorptionsvermögen der Ackererde (Landw. Versuchs-Stat. Bd. XVIII, 1875, p. 3).

[4]) S. z. B. Knop, Bonitirung der Ackererde, Leipzig 1872 p. 71 u. a. St. Detmer, Bodenkunde p. 366—367.

[5]) Vergl. die p. 118 angeführten Analysen.

ungemein arm sind, oder vermöge des Zustandes, in den sie durch die Abschwemmung des Thons und die Auswaschung des Kalks[1]) u. s. w. aus der obersten Erdkruste gebracht wurden — verhältnissmässig arm an absorbirenden mineralischen Stoffen sind. Die Einflüsse, welche an solchen Stellen durch Absperrung der Luft von der humosen Mischung, oder durch Bildung grosser Mengen von freier Humussäure die Eisenmenge noch weiter beschränken, müssen nothwendig auch das Absorptionsvermögen verringern. Auf dem thonreicheren Boden, z. B. dem Seite 198 besprochenen, wird durch die Auswaschung eine Art von unreinem Kaolin gebildet, welcher Stoff hier mit unverwitterten Bergartfragmenten untermischt ist. Dass diese Masse nur ein sehr geringes Absorptionsvermögen hat, geht aus Knop's Untersuchungen[2]) hervor, denen zufolge die Absorption des Kaolins sich zu derjenigen des gewöhnlichen eisenhaltigen Lehms wie 4—22 zu 77 verhält.

Dazu kommt aber noch der Einfluss, den die im Bleisande oft enthaltene humussaure Flüssigkeit auf das Absorptionsvermögen selber hat. Obwohl schwerlich direkte Untersuchungen darüber vorliegen, geht es doch aus verschiedenen Beobachtungen hervor, dass die Anwesenheit freier Säure im Boden, und zwar nicht allein von stärkeren mineralischen Säuren wie Salzsäure, sondern auch von Kohlensäure[3]), Essigsäure[4]) und Humussäuren[5]) das Absorptionsvermögen schwächt oder aufhebt, oder doch wenigstens die Auflösung und Auswaschung der einmal absorbirten Salze begünstigt. Es ist danach sehr begreiflich, wie die Menge von Alkali und alkalischen Erdarten in der Bleisandschicht so stark hat einschwinden können, wie alle Analysen dies zeigen[6]); das Absorptionsvermögen ist theils durch die Anwesenheit freier Säure, theils durch den Mangel an absorbirenden Stoffen so geschwächt worden, dass der Bleisand meistens eine höchst unfruchtbare Schicht ist. Die direkte Untersuchung des Bodens

---

[1]) C. F. A. Tuxen, Nogle kemiske Undersögelser af Jordbunden i Bögeskove (Tidsskr. for Skovbr. Bd. III p. 135—145). — R. Weber, Unters. über die Agron. Statik des Waldb. Leipzig 1877. p. 31.

[2]) Bonitirung der Ackererde p. 34—35.

[3]) Ebenda p. 19.

[4]) Detmer, Bodenkunde u. s. w. p. 375.

[5]) Forchhammer, Om Marsk u. s. w. a. a. O.

[6]) Vergl. die p. 113—118 angeführten Analysen.

bestätigt diesen Schluss vollkommen; denn nicht allein die Torfschicht, sondern sehr oft auch die Oberfläche des Ortsteins ist mit Wurzeln der Vegetation angefüllt, während der dazwischen liegende Bleisand äusserst arm an Wurzeln ist.

Dagegen hat das Absorptionsvermögen in dem Theil des Bodens, der in Ortstein oder Rotherde umgestaltet ist, eine Veränderung in entgegengesetzter Richtung erlitten; diese Schicht ist im Ganzen eine sehr stark absorbirende geworden, was sich aus einer wiederholten Betrachtung der Taf. V ergiebt; sowohl die Phosphorsäurenabsorption (Fig. 3), wie die Ammoniak- und an den meisten Stellen auch die Kaliabsorption sind hier bedeutend grösser, als im Bleisande und auch in dem unterliegenden Boden. Dies ist in erster Reihe den in dieser Schicht aufgehäuften humussauren Salzen, bei den Haiden namentlich dem humussauren Eisenoxyd zuzuschreiben.

Wie schon mehrfach hervorgehoben, tragen die Humusstoffe in dem eigentlichen, braunen oder rothen Ortstein, der allen solchen Bildungen gemein ist, ganz unverkennbar das Gepräge einer aus einer Flüssigkeit ausgefällten Substanz; es ist hier, mit Ausnahme zufälliger Einmischung, keine Spur von selbständiger Humuskohle vorhanden, sondern der organische Stoff macht einen Theil der Hülle aus, die theils wie ein Firniss, theils wie eine Feinerdekruste jedes Sandkorn umgiebt. Sie enthält zwar zugleich etwas freie Humussäure, aber die Hauptmasse muss doch aus humussauren Salzen, die in der Schicht oft in sehr beträchtlicher Menge angehäuft sind, bestehen.

Solche mineralhaltige humose Stoffe haben nun, wie König's hübsche Untersuchungen[2]) zeigen, ein ansehnliches Absorptionsvermögen, indem sie gleichwie die Silikate unlösliche Doppelsalze mit den absorbirten Stoffen bilden können. Das Absorptionsvermögen der Humussäuren, wenigstens bezüglich neutraler Salze, steht demnach mit der Menge anwesender Mineralbasen in enger Verbindung. Wenn man nun die ganze vorliegende Reihe von Analysen der verschieden entwickelten Ortsteinbildung durchgeht, wird sich eine ebenso konstante starke Anhäufung mineralischer Stoffe in dieser Schicht

---

[1]) In dem besseren Waldboden muss zugleich der humussaure Kalk, der sich nach drei, in der Tidsskr. for Skovbr. Bd. III p. 142—145 mitgetheilten Analysen hier angehäuft findet, zu einem Steigen des Absorptionsvermögens beitragen.

[2]) A. a. O. p. 48.

ergeben, wie der Bleisand konstant davon entblösst war. Durch Tuxen's vollständige Analyse der Schichten in fünf verschiedenen torfbekleideten Lokalitäten ist es festgestellt worden, dass, wenn auch mit bedeutenden Abwechslungen, mehr Stickstoff, Kalk, Thonerde, Eisenoxyd, Phosphorsäure und Kieselsäure in der Rotherdeschicht[1]) angesammelt ist, als in den beiden angrenzenden Schichten.

Diese absorbirende Schicht hat nun aber die Eigenschaft, dass ihr Absorptionsvermögen im Allgemeinen immerfort in demselben Grade steigen wird, in welchem sie mehr Stoffe zu absorbiren vermocht hat, denn diese haben an und für sich ein bedeutendes Absorptionsvermögen, wie namentlich Eisenoxydhydrat, Thonerdehydrat und Kalk. Es ist demnach einleuchtend, dass unter günstigen Umständen nach und nach so grosse Quantitäten dieser Stoffe angesammelt werden können, dass sie zuletzt einen der wesentlichsten Bestandtheile der Masse ausmachen, wie z. B. das Eisen, das möglicherweise in den Ortsteinschichten gewisser nasser Haideböden so sehr an Menge zunehmen kann, dass die Schicht nicht mehr an der Luft verwittert[2]) und man nicht im Stande ist, zwischen der Wirkung der Absorptionserscheinung und der Konkretionsbildung, die an und für sich als nach ihrem Wesen verschieden angesehen werden müssen, die Grenze zu ziehen. Während die Humussäuren im Ortstein allmählich ihre Oxydation fortsetzen und ohne Zweifel einen Theil ihrer Masse in der Gestalt von Kohlensäure an das langsam durchsickernde Wasser abgeben, das zugleich gewisse Quantitäten der am leichtesten löslichen Stoffe, wie die Alkalien und alkalischen Erdarten, mit sich führt, wird ein anderer Theil der am schwersten löslichen Humussäuren, namentlich diejenigen, die in Perioden der Dürre abgesetzt sind, zurückbehalten und an Menge zunehmen.

Verschiedenheiten in der Lagerung und Beschaffenheit des Ortsteins.

Es ist schon oben erwähnt worden, dass der Ortstein in den jütischen Haiden und Wäldern auf Sandboden, sowohl den Eichenwäldern und Gebüschen der Haidegegend als auch der Buchenwälder

---

[1]) Vergl. die p. 113—118 angeführten Analysen.

[2]) S. die unten angeführte Wahrnehmung an Quadern in der Krypte unter dem Viborger Dom.

auf dem mageren Sande (z. B. an vielen Stellen in den Silkeborger Wäldern), stets in einem bestimmten, auf grösseren Strecken wenig wechselnden Abstande von der Oberfläche gelagert ist, während er in besseren Böden, wie in den Buchenwäldern der Inseln, als ein ganz feiner Streifen nahe an der Oberfläche beginnt und oft auf verhältnissmässig kleinen Arealen sehr grosse Verschiedenheiten in dem Abstande von der Oberfläche und in der Mächtigkeit zeigt. Wir wollen versuchen, für diese Nichtübereinstimmung, die bei näherer Betrachtung mit mehreren anderen zusammenhängt, eine Erklärung zu finden.

Wir beginnen diese Untersuchung mit einem erneuerten Studium der ersten schwachen, so zu sagen embryonischen Spuren des Ortsteins, die sich unter dem mullartigen Obergrunde des Eichengebüsches als ein kaum bemerkbarer brauner Farbenton in der obersten Schicht des Untergrundes zeigen (Taf. III Fig. 2), welcher Ton nur auf glatt geputzten Profilen und bei aufmerksamer Betrachtung von der Ockerfarbe der tieferen Lagen zu unterscheiden ist. Unsere erste Frage ist also: was hat diese Farbennuance hervorgerufen?

Um die mit dem Trocknen der Erde verbundenen Veränderungen in der Löslichkeit der Humusstoffe zu vermeiden, wurde sogleich bei der Herausnahme der Erdprobe folgende einfache Operation an Ort und Stelle vorgenommen: Von jeder der drei Schichten, nämlich dem graulich-mullartigen Obergrund (a), der bräunlichen Schicht (b) und dem Untergrunde (c) wurden Proben mit destillirtem Wasser und mit einer stark verdünnten Natronauflösung geschüttelt, was folgendes Resultat gab:

Wasser:

a. schwach graugelbe Flüssigkeit;
b. schwach braungelbe Flüssigkeit;
c. schwache lehmgelbe und nicht klare Flüssigkeit.

Natron:

a. bräunlich-schwarze, nicht sehr intensiv gefärbte Flüssigkeit;
b. bräunlich-schwarze, dunklere und intensiver als (a) gefärbte Flüssigkeit, aber von braunerer Nuance.
c. Die natronhaltige Flüssigkeit fast ganz von derselben Farbe wie die wässerige.

Es kann danach keinem Zweifel unterliegen, dass die Ursache der verschiedenen Färbung der Schichten in der Beschaffenheit der

organischen Stoffe zu suchen ist; obwohl *a* oft nicht wenig dunkler ist als *b* und vom Praktiker als Mull bezeichnet werden wird, während er *b* für ganz von Mull entblösst ansehen wird, enthält diese Schicht doch eine bedeutende Menge von Humusstoffen. Dass diese es sind, welche die Schicht färben, wird dadurch zur Evidenz erhoben, dass die Erdprobe aus einer Tiefe von 20 Zoll, unmittelbar unter der Stelle, wo der dunklere Farbenton aufhört, beim Zusatz von Natronwasser keine gefärbte Flüssigkeit giebt. Die Schicht *a* enthält eine so grosse Menge von Humuspartikeln, Humuskohlen, unzersetzten Pflanzen u. s. w., dass sie, wie Taf. VI Fig. 2 angiebt, weit reicher an organischem Stoff ist, als die unterliegende Schicht, und wenn man diese Wahrnehmung mit der oben erwähnten verschiedenen Färbung der Flüssigkeiten zusammenstellt, so kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die Schicht *b* von auflöslichen Humussäuren und humussauren Salzen gefärbt ist, welche in der Schicht *a*, die ihre dunkle Färbung namentlich von eingelagerten schwarzen Humuspartikeln erhält, in weit geringerer Menge vorhanden sind.

Was im Boden unter dem guten Mull des Gehölzes vorgegangen ist, darüber wird eine nähere Betrachtung der Taf. VI Aufschluss geben. Die Fig. 1 dieser Tafel zeigt nämlich, dass der Obergrund einen Theil seines Eisens verloren hat; ein Vergleich mit der Linie a^1 in Fig. 2 der Taf. IV macht es höchst wahrscheinlich, dass dies ein im Laufe der Zeiten hervorgebrachtes Resultat der Auswaschung unter dem Einfluss der Thätigkeit des organischen Lebens ist, wie S. 192—193 erwähnt wurde, und gleichzeitig damit ist das Vermögen des Obergrundes, Säuren zu absorbiren, geschwächt worden (Taf. VI Fig. 3). Die oberste, etwas stärker gefärbte Schicht des Untergrundes hat indessen die vom Obergrunde weggeführten Eisensalze aufgenommen (Taf. VI, Fig. 1), wodurch ihr Absorptionsvermögen bezüglich der Säuren noch höher gestiegen ist, was theils aus der grossen gegenseitigen Anziehung des Eisens und der Phosphorsäure zu erklären ist, theils mit König's Untersuchungen[1]) über das Absorptionsvermögen der humussauren Salze gut übereinstimmt. Der weisse, bleisandähnliche Mullboden des Gebüsches, in welchem sowohl der Obergrund stärker ausgewaschen ist (Taf. VI Fig. 1), als auch die humosen Stoffe in geringerer Menge vorhanden sind (Fig. 2), zeigt

[1]) A. a. O. p. 49.

natürlich die hervorgehobenen Eigenthümlichkeiten noch schärfer ausgeprägt.

Es scheint demnach der Schluss berechtigt zu sein, dass in dem äusserst mageren Sandboden, in dem die Sesquioxyde und die humussauren Salze derselben die wichtigsten absorbirenden Medien sind, derjenige Theil des Erdreichs, welcher Sitz des organischen Lebens ist, so arm an diesen Stoffen werden kann, dass der obersten Schicht des Untergrundes vermöge eines grösseren Gehalts an basischen Elementen, namentlich an Eisenoxyd, die Thätigkeit zufällt, nicht allein die vom kohlensäurehaltigen Wasser ausgewaschenen Verbindungen, sondern zugleich die im Obergrunde über das Quantum hinaus, das diese dürftige Schicht selbst binden kann, gebildete Humussäure festzuhalten.[1]) Die Ortsteinschicht entwickelt sich im Untergrunde.

Wenn wir nun mit diesem Verständniss der im Boden des Gebüsches obwaltenden Verhältnisse und mit der Taf. VI vor Augen uns immer weiter in die Haide hinein zu älteren und ausgeprägteren Bildungen gehend denken, so werden wir sehen, theils dass diese einen immer mehr ausgewaschenen Obergrund, einen stärker absorbirenden Untergrund und eine grössere Anhäufung von Salzen in demselben erhalten, theils, wenn wir zu dem in Taf. III Fig. 4 dargestellten Profil kommen, dass ein bedeutender Unterschied in der Beschaffenheit der oberen und der unteren Partie des Ortsteins vorhanden ist, ein Verhältniss, dem man die grösste Bedeutung für das Verständniss des Unterschiedes zwischen den Ortsteinbildungen des Haide- und des Lehmbodens beilegen muss.

Die auf Taf. III Fig. 3 dargestellte oberste Schicht des Untergrundes (*b*) ist ganz gleichfarbig, während, wie die Abbildung zeigt,

---

[1]) Es fehlt nicht an einer Analogie, dass in gutem humosem Erdreich, wo die Luft Zutritt hat, vermöge des Mangels an solchen Basen, welche die gebildeten Humussäuren binden können, vom Wasser eine braune Flüssigkeit ausgewaschen wird, welche jedoch in einem an den betreffenden Stoffen reicheren Boden wieder entfärbt wird, wie dies in dem angeführten Falle geschieht. Knop theilt nämlich (Kreislauf des Stoffs Bd. I p. 513) nach eigenen und Anderer Untersuchungen mit, dass, wenn man gute Erde mit grossen Quantitäten Wasser auswäscht, dieses erst farblos durchläuft und dann gelblich, bisweilen sogar später bräunlich wird. Er hat beobachtet, dass die Färbung erst eintritt, wenn die Kalksalze ausgewaschen sind, und dass ein neuer Zusatz von Kalksalz die Flüssigkeit wieder farblos und frei von jedem Inhalt macht.

auf der in Fig. 4 dargestellten Oertlichkeit die Schicht nach oben zu, wo sie mit *a*, dem untersten Theil des Bleisandes zusammenschmilzt, weit dunkler ist. Um die Veränderung der Zusammensetzung zu untersuchen, die bei der Entwickelung der ersten Form zur zweiten vorgegangen ist, wurde die zur Analyse bestimmte Probe für Fig. 3 aus der Mitte der Schicht genommen, die für Fig. 4 bestimmte aber in zwei getheilt; die eine Hälfte wurde an der Grenze der Schichten *a‴* und *b* genommen, und zwar so, dass sie Theile von beiden enthielt, während die andere Hälfte im Grunde von *b*, wenige Zoll über dem scheinbar humusfreien Untergrunde herausgenommen wurde. Die Hauptzüge der Analysen und der Absorptionsversuche sind auf Taf. VI dargestellt. Die Figuren derselben zeigen deutlich, dass die wesentlichste Veränderung der oberen Partie der Ortsteinschicht, in welcher die Humusstoffe namentlich in grossen Massen angehäuft sind, zugeschrieben werden muss; dieser Theil der Schicht enthält zugleich die grösste Menge unorganischen Stoffs (illustrirt durch die Eisenmenge), und ihr Absorptionsvermögen, sowohl mit Bezug auf Säuren als auf Basen, ist ausserordentlich gross.

Dieser schwarze, fast torfartige Theil des Ortsteins, der namentlich auf feuchteren Haiden[1]) vorkommt, ist charakteristisch für den mageren Haidesand und wird, so weit meine Kenntniss reicht, niemals im Ortstein des besseren Bodens gefunden; sein Einfluss auf die Beschaffenheit der Schicht ist ohne Zweifel sehr gross. Da diese Partie nicht allein von ausgefällten humussauren Verbindungen, sondern namentlich aus hinabgeschlämmter Humuskohle besteht, besitzt sie ausser ihrer auf chemischen Umsetzungen beruhenden Absorption zugleich das rein physikalische Vermögen, wie gewöhnliche Kohlen aufgenommene Flüssigkeiten zurückzuhalten, und muss innerhalb der Ortsteinschicht eine feste unauflösbare Decke bilden können, die in besserem Boden, welcher eine grössere Menge von Feinerde enthält und nicht so leicht ausgeschlämmt wird, niemals vorkommt. Je mehr unorganische Verbindungen sich in der Schicht, in welcher die Humussäuren gelagert sind, aufgehäuft finden, desto schwerer auflöslich sind auch diese[2]), und das grosse Absorptionsvermögen des Ortsteins wird ihn nicht allein reicher machen, sondern zugleich

---

[1]) S. S. 148—149.

[2]) S. z. B. Knop, Bonitirung der Ackererde, Leipzig, 1872 p. 20. — Barfoed, De organiske Stoffers qvalitative Analyse, Kbhn. 1878, p. 179.

seine Kraft, die Humussäuren festzuhalten, erhöhen, wodurch seine Dichtigkeit und Festigkeit wiederum gesteigert wird. Die ununterbrochene Wechselwirkung zwischen den zugeführten, an Ort und Stelle gebildeten Humussäuren und den aufgenommenen basischen Elementen wird die Bildung befördern und fortsetzen.

Es ist demnach nicht unwahrscheinlich, dass wenn sich im Haideboden kein wesentlicher Unterschied in dem Abstand der Ortsteinschicht von der Oberfläche zeigt, dies auf dem feuchteren Boden davon herrührt, dass die oberste torfartige Partie des Ortsteins ein Hinderniss gegen das fortgesetzte Anwachsen der Bleisandschicht bildet; auf der trockenen, hochgelegenen Haide trägt vielleicht der Umstand, dass die Haidekruste, die, wie wir gesehen haben (S. 194), weit weniger Humussäure an das durchsickernde Wasser abgiebt, als der Buchentorf, dazu bei, das Anwachsen des Bleisandes zu verhindern; und auf beiden Lokalitäten befördert wahrscheinlich auch die vom ersten Anfang an nachweisliche Anhäufung von basischen Elementen, namentlich von Eisenoxyd, im Ortstein die unveränderliche Lagerung dieser Schicht.[1])

Wir wenden uns jetzt zu einer näheren Betrachtung der Entwickelung der Ortsteinbildung in Bodenarten, welche ca. 10 Procent Thon und darüber enthalten, und beginnen dies Studium mit einer Untersuchung der Verhältnisse in den mullartigen, lehmigen Böden.

Für diese Art von Lokalitäten besitzen wir drei dänische Untersuchungsreihen, von denen die eine sich auf die oberste Erdkruste bis zu 1 Fuss Tiefe[2]) bezieht, nebst zwei anderen, die das vegetationtragende Erdreich bis zu einer Tiefe von bez. $2^1/_2$ und 4 Fuss[3]) umfassen. Dazu können noch drei deutsche, nämlich eine von Stöckhardt aus dem Jahre 1865[4]) und zwei von R. Weber aus dem Jahre 1877[5]) gefügt werden, welche alle drei in ihren Hauptresul-

---

[1]) Die Möglichkeit des Anwachsens der Bleisandschicht an Mächtigkeit kann allerdings nicht in Abrede gestellt werden; aber es muss dieser Prozess dann so langsam vor sich gehen, dass er sich meiner Beobachtung entzogen hat.

[2]) S. S. 110.

[3]) S. S. 111—112.

[4]) Stöckhardt, Ueber die Bodenverarmung durch Streurechen u. s. w. (Landw. Versuchsstat. Bd. VII, 1865, p. 311.)

[5]) R. Weber, Untersuch. über die Agr. Statik des Waldbodens, Leipzig 1877, p. 28. Prof. I und III. Weber's Erdproben sind übrigens so nahe an

taten mit den von Tuxen ausgeführten Analysen ausnehmend gut übereinstimmen.

Es geht aus diesen, verschiedenen Waldlokalitäten in Dänemark, Sachsen und Bayern entnommenen Beobachtungen hervor, dass der Obergrund, abgesehen von der obersten, mit unzersetzten Pflanzenresten vermischten Mullschicht, ärmer als der Untergrund ist, und zwar nicht allein an ausschlämmbaren Bestandtheilen, wie z. B. dem eisenhaltigen Thon, sondern auch an den in verdünnter Salzsäure löslichen Pflanzennahrungsstoffen Kali, Kalk, Magnesia und Phosphorsäure. Es ist nicht unmöglich, dass diese geringere Menge an werthvollen Pflanzennahrungsstoffen im Obergrunde von dem Verbrauch der Pflanzen herrührt; der Unterschied zwischen deren Menge im Obergrunde und im Untergrunde ist kaum grösser, als dass er dieser Ursache zugeschrieben werden kann.

Wir haben den Versuch gemacht, das Absorptionsvermögen des Mullbodens gegen Ammoniak, Kali und Phosphorsäure in verschiedener Tiefe auf drei Lokalitäten zu bestimmen (Taf. VII). Die konstanten und anscheinend gesetzmässigen Bewegungen, welche das Absorptionsvermögen des torfbekleideten Bodens von der Oberfläche nach der Tiefe zeigt, sind indessen hier nicht so stark ausgeprägt; in diesem reicheren Boden macht sich die Vielseitigkeit des Absorptionsvermögens stark geltend, und die Untersuchungen sind zu einer erschöpfenden Erklärung der Variationen nicht umfassend genug gewesen. Ein näheres Studium der Taf. VII führt aber doch zu folgenden, unschwer erklärlichen Schlüssen.

Die Phosphorsäurenabsorption scheint namentlich vom Thone und der Eisenmenge desselben abhängig zu sein; es sinkt dieselbe daher stark gerade in der Oberkruste, wo diese Stoffe in geringster Menge vorhanden sind. Die Alkaliabsorption scheint im Obergrunde vorzugsweise von den Humusstoffen und den humosen Verbindungen[1])

---

der Oberfläche herausgenommen, dass er keineswegs das, was wir Untergrund nennen, erreicht haben kann, woher vielleicht etwas von der Unsicherheit in den Zahlen stammt. Sein Profil II ist wahrscheinlicherweise torfbedeckter Boden.

[1]) Die Kalkmenge, welche gleichfalls von grosser Bedeutung für die Basenabsorption ist, aber in den Erdproben, deren Absorptionsvermögen untersucht wurde, nicht bestimmt ist, hat nach früheren Analysen bezüglich derselben Waldlokalitäten ganz dieselbe Bewegung wie die Alkaliabsorption. Vergl. Prof. II und III auf Taf. I mit der Taf. VII Fig. 4.

abhängig zu sein, und nimmt daher von der Bodenkruste nach dem Untergrunde zu; nur gerade in der Oberfläche, wo ein grosser Theil der Humusstoffe aus unzersetzten Pflanzenresten besteht, absorbirte der Boden weit stärker Ammoniak als Kali. Der Untergrund mit seiner steigenden Thon- und Kalkmenge hat wiederum ein von oben nach unten stark wachsendes Absorptionsvermögen.

Wenn nun der Torf seine filzige Decke über die Erdkruste zieht, so legt sich dieselbe also auf denjenigen Theil des Bodens, welcher an eisenhaltigem Thon am ärmsten ist und weniger als die tieferen Schichten an löslichen unorganischen Stoffen enthält, dessen Säurenabsorption ferner verhältnissmässig schwach ist und dessen Basenabsorption endlich in nicht geringerem Maasse an leicht zersetzbare humose Verbindungen geknüpft scheint. Es leuchtet demnach ein, dass sobald der Boden fest geworden ist und der Zutritt der Luft durch die beginnende Filzschicht der Torfbildung verhindert wird, die Auswaschung unmittelbar in der Oberfläche des Bodens, welche am stärksten mit Humusstoffen vermischt ist und durch ihre relative Armuth an löslichen Verbindungen am leichtesten ausgewaschen wird, beginnen muss. Mit jedem Zoll nach der Tiefe zu wächst aber rasch der Gehalt des Bodens an Thon mit Eisenoxyd, und da der ganze Obergrund nicht, wie die mageren Sandböden, von Anfang an der Stoffe, welche das säurehaltige Wasser wegführen kann, durch Ausschwemmung beraubt ist, so muss die Bleisandbildung auf dem lehmigeren Boden als ein schwacher Streifen unter dem Torf beginnen und kann erst mit der Zeit an Mächtigkeit zunehmen, während die Entwickelung, wie oben geschildert, im Sande des Haidelandes eine andere sein muss.

Ist der Bleisandstreifen gebildet, so folgt darauf naturgemäss der Rotherdestreifen, verschieden an Mächtigkeit und Humusreichthum je nach der Beschaffenheit der Auflösung, welche, wie wir gesehen haben, ohne entfärbt zu werden, aus der Torfschicht durch den Bleisand hindurchsickert. Es scheint mir gleichfalls leicht verständlich, wie eine fortgesetzte und gleichmässig wachsende Zufuhr säurehaltigen Wassers die basischen Elemente, durch welche anfangs die färbenden Humussäuren gebunden wurden, von der Oberfläche der Rotherde abwaschen muss, und wie die Bleisandschicht auf diese Weise allmählich zunehmen wird. Aber es sind doch noch zwei Fragen zu lösen, ehe wir ein vollständiges Verständniss von dem Unterschied der Ortsteinbildung in dem sandigen Haideboden und

in dem lehmigen Waldboden erlangt haben, nämlich: Weshalb bildet sich auf den letzteren Lokalitäten nicht der in der Haide so oft auftretende schwarze Ortstein, der ohne Zweifel wesentlich zur Festhaltung dieser Bildung an ihrer ursprünglichen Ablagerungsstelle beiträgt, und weshalb häuft sich in dem Ortstein des lehmigen Bodens kein Eisen auf, wie in dem des Haidebodens, was sicher gleichfalls die Stabilität der ganzen Bildung befördert?

Die erste Frage ist leicht zu beantworten. Bei meinen vielfachen Untersuchungen des torfbekleideten Bodens der Buchenwälder in weniger thonarmem Erdreich habe ich niemals eine Spur von schwarzem Ortstein und niemals die Bleisandschicht so mit feiner Humuskohle vermischt gefunden, wie im Haidesande. Man sieht deshalb häufiger schneeweissen Bleisand in Lehmböden, als im Haidesande, und eine dunklere Färbung in alten Bleisandschichten, deren Humusgehalt nicht aus Ueberbleibseln von dem früheren Mullboden bestehen kann, trägt auf den besseren Lokalitäten in ganz überwiegendem Grade das Gepräge, dass sie von demselben Stoff, welcher den Ortstein färbt, also von auflöslichen Humussäuren, die auf dem Wege von der Torfschicht zum Ortstein sich befinden, herrührt. Die Bestandtheile dieses Bodens sind so feinkörnig und ihre Dichtigkeit ist deshalb so gross, dass eine Hinabschwemmung von Humuskohle bis zum Grunde der Bleisandschicht nicht stattfinden kann, wie im mageren, grobkörnigen und ausgewaschenen Sande.

Die Beantwortung der zweiten Frage ist dagegen weit schwieriger. Docent Tuxen hat von 8 Lokalitäten mageren Sandbodens Bestimmungen der Eisenmenge in der Ortsteinschicht gegeben, welche alle viel mehr, meistens zwei- bis dreimal so viel Eisen enthalten als der Untergrund (Taf. V und VI); von dem lehmigen Ortstein haben wir Analysen sechs[1]) verschiedener Lokalitäten (Taf. IV u. V), welche zeigen, dass hier in dieser Schicht, welche ärmer an Eisen ist, als der Untergrund[2]), kein Eisen angehäuft ist. Der Unterschied muss also als vollkommen konstatirt angesehen werden. Direkte

---

[1]) Siehe auch Taf. II.

[2]) Nur eine Waldlokalität auf den Inseln (Sölleröd-Kirkeskov Taf. V Fig. 1) stimmt in Betreff der besprochenen Verhältnisse mit den Haiden fast ganz überein; aber diese Lokalität ist theils in mehreren Beziehungen abnorm, indem die Lehmmenge mit der Tiefe abnimmt, theils besteht der Untergrund hier auch aus magerem Sande, der dem Haidesande sehr ähnlich ist, und endlich

Untersuchungen zur Beleuchtung dieses merkwürdigen Verhältnisses liegen allerdings nicht vor, mir scheint aber die nachstehende Deutung annehmbar zu sein.

Wenn auch zu vermuthen ist, dass das Eisenoxydul in dem offenen, der Luft leicht zugänglichen Sandboden weit leichter in Eisenoxyd übergeht, als in dem dichten Lehmboden, so scheint mir doch dies zur Erklärung des sehr grossen und ausnehmend konstanten Unterschiedes in der Eisenmenge des Ortsteins bei den beiden Bodenarten nicht hinreichend; es muss ein weiterer, wesentlich mitwirkender Faktor gesucht werden.

In der Gestalt des kohlensauren Kalks und des kohlensauren Eisenoxyduls, aufgelöst in kohlensäurehaltigem Wasser, finden sich diese beiden Basen in dem Grundwasser, das als Quellwasser an die Oberfläche hervortritt, und es wäre nun zu erwägen, ob nicht die Ursache, weshalb keins dieser kohlensauren Salze in der Erde zurückgehalten wird, für beide eine und dieselbe ist; nun ist das Verhalten des kohlensauren Kalks wohlbekannt, während das kohlensaure Eisenoxydul meines Wissens nicht untersucht ist.

Es ist unzweifelhaft, dass es dem Boden nicht an Absorptionsvermögen gegen Kalk fehlt, so dass dieser Stoff z. B. von den Humussäuren zurückgehalten werden kann, aber es ist andererseits durch zahlreiche Versuche nachgewiesen worden, dass die Absorption der Base in den Alkalisalzen hauptsächlich darauf beruht, dass der Kalk durch die stärkeren Basen aus seinen Verbindungen herausgetrieben wird und in der Auflösung zurückbleibt. Das Drainwasser unter unserem kultivirten Ackerlande enthält deshalb Kalk, und je reicher die Erde durch Düngung an Alkali wird, desto mehr Kalk wird mit dem Regenwasser fortgeführt.[1])

Wenn wir von dem im Quellwasser vorkommenden Kalk absehen, welcher von dem Durchsickern des kohlensäurehaltigen Wassers durch Mergel- oder Kalkschichten herrührt, und namentlich unsere Aufmerksamkeit auf die humose Erdkruste richten, so kann die Aus-

---

war die Stelle, welcher die Proben entnommen wurden, nicht glücklich gewählt, denn es war eine abschüssige Hügelböschung, an der das Oberflächenwasser den abnormen Zustand hervorgebracht haben kann.

[1]) Siehe namentlich Völker's vortreffliche Drainwasseruntersuchungen zu Rothamsted (Heiden's Düngerlehre p. 375—380.) — Vergl. auch Peter's Versuche über die Kaliabsorption (Detmer's Bodenkunde p. 329—336) u. s. w.

waschung des Kalkes aus dem Boden eine Relation zwischen diesem und stärkeren Basen andeuten; die vorhandenen kräftigen Säuren ergreifen diese und geben den Kalk an das kohlensäurehaltige Wasser ab.

Eisenoxydul ist in dem lockeren, wohl bearbeiteten Ackerboden und im Mull nicht vorhanden; es wird ja sogar als verderblich fü viele Pflanzen angesehen. Dass es aber in dem torfbekleideten Boden gebildet wird, kann nach dem oben Angeführten für unbestreitbar angesehen werden.[1]) Wenn wir nun sehen, dass es auf seinem Wege in den Boden nicht absorbirt wird, wo dieser reicher ist und ansehnliche Massen von Thon mit dem in diesem Stoff gewöhnlichen Gehalt an den übrigen Verwitterungsprodukten der Feldspathe und anderer thonbildenden Mineralien enthält, während es in den an Humussäuren reichen Ortstein der basenarmen Sandböden in nicht geringer Menge zurückgehalten wird, und zwar am stärksten da, wo die Menge von Humussäuren am grössten ist, so liegt, analog den Verhältnissen bei der Absorption des Kalks, der Schluss nahe, dass es gerade der grössere Reichthum des thonhaltigen Bodens an stärkeren Mineralbasen ist, welcher die Absorption des Eisenoxyduls verhindert oder die Auswechslung desselben befördert, und so an dem Eisenmangel des Ortsteins in den Lehmböden die Schuld trägt. Vom humussauren Eisenoxydul werden daher in dem mineralkräftigen Boden die Humussäuren leicht durch stärkere Basen, namentlich Kalk gebunden werden, während das Eisenoxyd mit der Kohlensäure davongeht, ganz in derselben Weise wie in dem guten Ackerboden Kali und Ammoniak von den kräftigeren Säuren ergriffen, während der Kalk an die Kohlensäuse abgegeben und mit dem kohlensäurehaltigen Wasser abgeführt wird. Andererseits wird der Mangel des Haidebodens an stärkeren Basen und der grosse Reichthum des Ortsteins an Humussäure die Absorption der Eisenoxydulsalze gestatten, worauf sie in den Zeiten der Dürre, in denen die Luft wiederum Zutritt zu der Erdkruste erhält, als unauflösliche Eisenoxydsalze abgesetzt werden können.

Die Anhäufung des Eisens im Haideortstein schliesst wohl nicht die Möglichkeit aus, dass die Bildung nicht für eine Absorptions-, sondern für eine Konkretionserscheinung angesehen werden könnte,

---

[1]) Das Vorhandensein desselben im Torf und im Bleisand ist ausserdem direkt konstatirt worden von Docent Tuxen (Tidsskr. f. Skovbr. Bd. II p. 188 bis 193 u. Bd. I p. 267).

infolge deren die gleichartigen Stoffe sich zur Bildung grösserer Anhäufungen suchen. Ich glaube aber, dass diese Auffassung unhaltbar ist, und zwar aus folgenden Gründen. Einmal nehmen unzweifelhafte Eisenkonkretionen in denselben Bodenarten, von denen hier die Rede ist, ganz andere Formen an, wie wir sogleich sehen werden. Zweitens kann der erste schwache Ursprung der Ortsteinschicht, der uns so zu sagen den Schlüssel zum Verständniss dieser Bildung giebt, nicht als eine Konkretionserscheinung betrachtet werden; dazu ist die Eisenanhäufung zu gleichförmig durch die ganze Schicht vertheilt. Drittens endlich sehe ich nicht ein, dass gegen die oben ausgesprochene Ansicht, dass die Ortsteinbildung der Hauptsache nach eine Absorptionserscheinung sei, ein wesentlicher Einwand erhoben werden könne, und ich bin der Meinung, dass dieser Schluss nach sämmtlichen Prämissen der natürlichste ist. Dies schliesst aber nicht aus, dass die Anhäufung, die durch Absorption eingeleitet wird, durch Konkretion vollendet werden kann, und dass diese Kraft hinzutreten muss, um aus dem eisenhaltigen, an der Luft leicht verwitternden Humusortstein den wirklichen, an der Luft unveränderlichen Eisenortstein, der, wie es scheint, im Grunde unter dem nassen Haide- und Sumpfboden vorkommen kann, hervorzubringen.

Wenn wir auf die ganze vorstehende Untersuchung über die Bildung von Bleisand und Ortstein in Haiden und Wäldern einen Rückblick werfen, so glaube ich, dass man daraus den Schluss ziehen kann, dass diese Erscheinungen als das Resultat theils der Ausschliessung der Luft vom Boden bei einer grösseren Dichtigkeit und einem anderen Feuchtigkeitsgrade, als diese in dem lockeren Mullboden derselben Lokalität vorhanden sind, theils des mannigfachen Einflusses der humussäurehaltigen Torfschicht aufgefasst werden können und müssen. Die Hauptursache der recht ansehnlichen Verschiedenheiten in der Beschaffenheit des Ortsteins, wie sie eine nähere Betrachtung ergiebt, muss der verschiedenen Wirkung gleicher Ursachen auf die ungleichartige Beschaffenheit des Erdbodens zugeschrieben werden.

Ortstein als Konkretionsbildung und Raseneisenstein. — Um zu einem umfassenderen Verständniss der im Vorstehenden besprochenen Verhältnisse beizutragen, sollen noch einige Erscheinungen erwähnt werden, die als von jenen verschieden aufgefasst werden müssen, obgleich beide Arten sehr häufig mit einander ver-

wechselt werden. Es sind dies die im humushaltigen Boden entstandenen wirklichen Eisenkonkretionen von verschiedener Beschaffenheit.

Alle in den vorstehenden Abschnitten besprochenen Spielarten von festem und lockerem Ortstein und Rotherde, mögen sie nun auf der Lagerungsstelle als lockere, erdartige Masse auftreten oder eine grössere Festigkeit erreichen, sind dadurch charakteristisch, dass sie abgesetzte Humussäuren und humussaure Salze zur Grundlage und zum wesentlich zusammenkittenden und verbindenden Element haben, dass sie deshalb durch Zusatz von Natronwasser, mit welchem zusammen sie eine braune bis schwarze Auflösung geben, zerfallen, wogegen verdünnte Mineralsäuren nur schwach auf sie einwirken, und dass sie, an die Luft gebracht, in kurzer Zeit vollständig zu einem gelben bis schwarzbraunen Sande verwittern. Ihre Bildung muss der Hauptsache nach, wie wir gesehen haben, als eine Absorptionserscheinung aufgefasst werden, mögen sie nun mehr oder weniger Eisen enthalten als die umgebende Erde, was vermuthlich nur von den durch den Gehalt der absorbirenden Masse an mineralischen Basen bewirkten Verschiedenheiten in der Absorption herrührt.

Grundverschieden von diesen sind die in Haiden und Wäldern vorkommenden, gleichfalls mit dem Trivialnamen Ortstein bezeichneten Bildungen, deren Hauptbindemittel Eisenoxyd, namentlich Eisenoxydhydrat ist; sie lassen sich daher nicht in Natronwasser auflösen, zerfallen aber beim Kochen mit verdünnter Salzsäure; sie verwittern nicht an der Luft, ihre Bildung muss als eine Konkretionserscheinung aufgefasst werden und ihr Inhalt an Sand und anderen Erdtheilen hängt namentlich von dem Boden ab, in welchem diese Aggregate gebildet werden. Sie können entweder als wirklicher Eisensandstein auftreten, der aus mit Eisenoxyd zusammengekittetem Sand besteht, oder als Raseneisenstein, dessen eingemischte Elemente im Verhältniss zu der Menge von Eisenoxyden, welche sich nach Senft[1]) auf 80—95 Procent beläuft, nur einen geringen Theil der Masse ausmachen.

Die erstgenannte Form, der Limonitsandstein, tritt hauptsächlich in drei Formen auf. Erstens findet sich derselbe sporadisch unter der Haidekruste in den hügeligen Haiden[2]), sowohl im Bleisande

---

[1]) Senft, Humus, Marsch u. s. w. p. 176.

[2]) Wahrscheinlich kommen sie auch in den Haideflächen vor, aber den Boden derselben kenne ich nicht so genau, wie den der Hügel, und ich entsinne mich nicht, diese Limonite in jenem gesehen zu haben.

als auch im Ortstein und in der obersten Schicht des Untergrundes, aber namentlich im Bleisande, als grössere und kleinere Klumpen von flacher Form, und zwar von sehr kleinen schuppenartigen Körpern bis zu Sandsteinen von ungefähr einem Fuss Durchmesser. In der Holter und der Birkebäcker Pflanzung in den Kirchspielen Rind und Arnborg giebt es Striche, auf denen die Haidepflüge Massen dieser Eisensandsteine zu Tage fördern, während dieselben auf anderen Strecken gar nicht vorkommen. Die gleichartige, diskusähnliche Form und die eigenthümliche rauhe Oberfläche schliessen die Annahme aus, dass man es hier mit Geschieben zu thun habe, die nicht an Ort und Stelle gebildet, sondern zusammen mit anderen dem Haidesande beigemischten grösseren Bergfragmenten zugeführt wären.

Die zweite Lagerungsform dieser Limonitsandsteine besteht aus grösseren, bis mehrere Kubikellen haltenden Ansammlungen einer eisensandsteinähnlichen Masse. Wenn der Haidepflug auf eine solche stösst, so erhält man im ersten Augenblick den Eindruck, dass man einen „verrotteten Stein“ vor sich habe; die Oberfläche ist mürbe und lässt sich von der Pflugschar zerreissen, aber der Kern ist fest und kompakt. Eine nähere Betrachtung zeigt aber, dass hier eine in der Entwickelung begriffene Bildung vorliegt, welche mit der Absetzung des Eisenoxyds um eine Menge kleiner Konkretionscentren beginnt, die durch fortgesetzte Anhäufung von Eisen zu grösseren Blöcken zusammenschmelzen. Dass diese Limonitmasse an Ort und Stelle gebildet ist, ergiebt sich deutlich aus ihrem Verhalten zum umgebenden Sande, denn die Körnung entspricht genau den Skelettheilen des Bodens, und wo irgend eine Veränderung oder eine Andeutung von Schichtentheilung im Sande zu spüren ist, wird diese in den Sandstein hinein fortgesetzt. Die Lage desselben im Boden ist eine derartige, dass der Limonitklumpen sich in den Bleisand hinauf und in den Untergrund hinab erstreckt und mit der Hauptmasse auf dem Platz des normalen lockeren Ortsteins liegt, ohne jedoch die Begrenzung desselben einzuhalten; tiefer als ein paar Fuss von der Oberfläche habe ich diese Blöcke nirgends gesehen, während sie nach anderen Verfassern viel tiefer im Boden vorkommen sollen.

Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass die erste Ursache dieser Bildungen dieselbe ist, welcher der Bleisand seinen Ursprung verdankt, nämlich die Reduktion des Eisenoxyds durch die Ausschliessung der Luft von einem humusreichen Boden und die Bildung

auflöslicher Eisenverbindungen. Aber die erneuerte Absetzung des Eisens kann offenbar nicht unter dem Einfluss derselben Kräfte vor sich gehen, wie derjenigen, welche gleichmässig vertheilte Eisensalze in der von Humussäuren durchdrungenen Oberfläche des Untergrundes anhäufen. Die fraglichen Limonite müssen sich auf gleiche Weise gebildet haben wie Nieren, Klumpen und Konkretionen verschiedener Art, z. B. Kalk, Schwefelkies, Kies, Raseneisenstein u. s. w., die in unserem Boden so häufig vorkommen und dadurch entstehen, dass sich um Absatzcentren fortwährend immer grössere Massen desselben Stoffs anhäufen. Ich vermuthe, dass die Bildung namentlich dann, wenn die oberste Kruste mit Wasser durchtränkt ist, vor sich geht, und ich füge diese Bemerkung deshalb hinzu, weil ich diese Limonite immer an Stellen mit geringem Abfall, auf Plateaus getroffen habe, von denen einige unverkennbare Zeichen eines dichten, bisweilen lehmigen oder kleiigen Untergrundes in verhältnissmässig geringem Abstande von der Oberfläche darbieten.

Zu diesen Limoniten muss noch der Eisensandstein gerechnet werden, der, soviel mir bekannt ist, namentlich in feuchtem Haideboden in der Gestalt grösserer inselförmiger Partien des gewöhnlichen Humusortsteins vorkommen kann; ich habe ihn indessen nie selbst auf der Bildungsstelle beobachtet. Er scheint sich hier auf grösseren Flecken zu ähnlichen Schichten von recht ansehnlicher Mächtigkeit, wie der Humusortstein, gestalten zu können. Ich will die oben angedeutete Erklärung, dass solche Schichten durch fortgesetzte Anhäufung von Eisen im Humusortstein entstanden sein können, so dass dieser zu einem wirklichen Limonit umgebildet ist, als möglich dahingestellt sein lassen. Als ein Zeugniss von der Dauerhaftigkeit dieses Sandsteins soll hier angeführt werden, dass einige der Steinblöcke, welche in der Wand der Krypte unter dem Viborger Dom sitzen, aus Eisensandstein bestehen, der augenscheinlich zu dieser Art gehört und wahrscheinlich aus der Umgegend geholt ist; dieselben haben 7—800 Jahre lang der Verwitterung sehr gut widerstanden.

Die zweite Form wirklicher Eisenkonkretionen, die in unseren Wäldern und Haiden angetroffen werden, ist der Raseneisenstein (ächter Limonit), dessen Vorkommen ausserhalb der Moore bei uns nicht genügend beachtet zu sein scheint. Er findet sich nämlich nicht allein in Waldmooren, torfartigen Wiesen und Haidemooren als schwarze Masse, von der Grösse eines Sandkorns und einer

Erbse an bis zu Blöcken von bedeutendem Umfang, sondern unter gewissen Umständen auch im lehmigen Boden selber unter Verhältnissen, welche sich wohl dazu eignen, die oben mitgetheilten Wahrnehmungen über die Beschaffenheit der Schichten des natürlichen Erdbodens zu vervollständigen.

Unter dem lockeren, mullartigen, gleichartig gefärbten Obergrunde befindet sich sehr allgemein verbreitet, in vielen Gegenden konstant auftretend die schon im ersten Abschnitt dieser Arbeit erwähnte und im Anfange der vorliegenden Abhandlung wieder berührte (S. 133) grauliche, bisweilen weissgraue, feste Schicht, die ich den obersten Theil des Untergrundes genannt habe. Es ist schon angeführt worden, dass diese Schicht, trotz ihrer bisweilen sehr grossen Härte, mehr oder weniger porös ist, dass sie namentlich in einem Boden vorkommt, welcher aus lehmigem Sand oder sandigem Lehm besteht, dass sie durch Behandlung mit verdünnter Mineralsäure, oder mit einer Alkaliauflösung nicht zerfällt, und dass sie als eine Schicht aufgefasst werden müsse, deren Festigkeit von hinab- oder zusammengeschwemmten Partikeln, namentlich feinem Thon herrührt, wodurch die übrigen Elemente des Bodens zusammengekittet sind. In dem sehr lehmarmen Boden habe ich diese Bildung niemals gefunden und in dem strengen Thon fehlt sie gewöhnlich auch. Uebrigens ist ihr Auftreten ganz unabhängig von der Vegetation, denn man findet sie in Wäldern mit jeder Art von Bäumen und sie kommt auch in den lehmigen Haiden, z. B. bei Villestrup, vor.

Die fortgesetzten Studien haben gezeigt, dass diese Schicht eine nicht unwesentliche Rolle für die Vegetation auf dem natürlichen Boden spielt, indem ihr Abstand von der Oberfläche in vielen Fällen für das, was die Praktiker als Flach- und Tiefgründigkeit des Bodens bezeichnen, massgebend ist. Was über dieser Schicht, welche wir nach ihren zusammenkittenden Elementen Thonortstein[1]) nennen wollen, liegt, ist in ganz überwiegendem Grade derjenige Theil des Bodens, wo das Thierleben seinen Sitz hat, ja er ist vielleicht ganz und gar von den Regenwürmern gebildet (s. weiter unten) und unterscheidet sich in der auffallendsten Weise durch seine Lockerheit und meistens zugleich durch seine Farbe vom Thonortstein. Die Mächtigkeit des Obergrundes wechselt in unserem sandig-lehmi-

---

[1]) Im nördlichen Jütland, in der Umgegend von Villestrup, wird diese Schicht von der Bevölkerung Waldortstein („Skovahl") genannt.

gem Mittelboden zwischen 1 und 3 Fuss, und gewöhnlich liegt der Thonortstein 2 Fuss unter der Oberfläche; aber auf gutem Boden kann dieser Abstand bis auf 6 Fuss steigen, wie im Folehave Wald, während er auch bis auf 3—5 Zoll sinken kann. Sobald der Abstand von der Oberfläche nur 1 Fuss oder darunter beträgt, zeigt sich dies in der geringeren Höhe, welche die Bäume erreichen und nur die Fichte mit ihren unter der Oberfläche sich hinziehenden Wurzeln gelangt zu voller Entwickelung. Wenn der Thonortstein noch näher an die Oberfläche rückt, so verkümmert der Buchenwald; die Stämme sind von geringer Dicke, die Höhe beträgt oft nicht mehr als 50—60 Fuss, selbst im hundertjährigen Walde, und die Bäume sind mit Flechten behangen. Nach dem ersten Eindruck eines solchen Baumwuchses meint man hier einen schlechten Boden und starken Ortstein zu finden, allein beim Nachgraben sieht man, dass der Boden aus Lehm, sogar aus ziemlich strengem Thon besteht, und dass die Mullschicht von guter Beschaffenheit ist, aber nur eine dünne Decke über dem rohen und festen Thonortstein ausmacht.

In dieser Bildung entwickelt sich bisweilen wirklicher Raseneisenstein in grosser Menge, wie z. B. an feuchteren Stellen im Walde bei Sophie-Amaliegaard, Gut Clausholm in Jütland (Taf. III Fig. 8). Wenn der Thonortstein der Oberfläche so nahe liegt, dass er unter die unmittelbare Einwirkung einer humushaltigen Schicht kommt, und wenn der Untergrund aus Lehm besteht, der das Wasser nur schwer hindurch lässt, so wird der Thonortstein in der nassen Jahreszeit und auf den niedrig gelegenen Stellen leicht mit Wasser getränkt, wodurch die Luft abgesperrt wird und die Eisenverbindungen der Schicht, unter dem Einfluss der Veränderung der humosen Stoffe in Kohlensäure, desoxydirt werden. Darauf folgende Perioden der Dürre werden die Wassermenge wiederum vermindern, der Luft durch den porösen Obergrund hindurch Zutritt gestatten, und zu solchen Ausscheidungen von Eisenoxydhydrat Anlass geben, die im Lauf der Zeiten durch stets erneuerten Zuwachs zu ansehnlichen Nieren und Klumpen von Raseneisenstein anwachsen können. Ich vermuthe, dass das, was man in Deutschland als „Raseneisenerz“ bezeichnet, welches in gewissen Gegenden in grossen Massen auftritt und in der oben beschriebenen Weise gelagert ist, mit unserem „Myremalm“ identisch ist.

Als Rekapitulation dieses Abschnittes über physikalische und chemische Umbildungen des Bodens folgt hier eine systematische

Uebersicht über die unter dem generellen Namen „Ortstein“ (Ahl) vorkommenden harten, den Pflanzenwurzeln mehr oder weniger undurchdringlichen Schichten im Boden, wie sie dem Vorstehenden zufolge meiner Meinung nach aufgefasst werden müssen. Die beschriebenen Formen zerfallen nach ihrem Ursprung, je nachdem sie durch Abschwämmung, durch Absorption oder durch Konkretion entstanden sind, in drei Gruppen, nämlich:

Beschaffenheit:	Vorkommen:
A. Durch Abschwämmung entstandener Ortstein.	
1. Thonortstein. Eine mehr oder weniger poröse, feste und harte Mischung von Sand und Thon von graulicher, ziemlich gleichartiger Farbe. Verändert seine Konsistenz nicht durch Behandlung mit Alkali-Lösung oder verdünnten Mineralsäuren.	In dem mit Mull bedeckten Boden von sandig-lehmiger Beschaffenheit bildet er zusammenhangende Schichten in einem Abstande von 8 bis ungefähr 200 Centimeter von der Oberfläche. Er hält sich, selbst nach der Bekleidung der Bodenkruste mit Torf und den daraus fliessenden Veränderungen des Bodens.
2. Torfartiger Ortstein. Dichte, erdartige bis harte, schwarzbraune bis schwarze oder blauschwarze Ansammlung von mit Humussäure und humussauren Salzen durchzogenen Humuskohlen und in grösserer oder geringerer Menge mit weissen, ihres Ockerüberzugs beraubten Sandkörnern vermischt. Sauer von dem Gehalt an Humussäuren. Zerfällt leicht durch Behandlung mit Natronwasser in weissen Sand und amorphen Torfschlamm, in einer schwarzen Lösung. Zerfällt an der Luft. (Oft Einmischung grosser Massen feiner Haidekrautwurzeln).	Unter dem ausgewaschenen Obergrunde in Haiden und Wäldern auf grobkörnigem Sandboden, am stärksten in frischem bis feuchtem oder nassem Boden in zusammenhangenden Schichten entwickelt; unmittelbar über dem eigentlichen Humusortstein gelagert und nicht deutlich von demselben abgegrenzt.

B. Durch Absorption entstandener Ortstein.

3. Humusortstein. Dichter, erdartiger bis harter, gelbbrauner bis schwarzbrauner Sandstein, bestehend aus den Skelettheilen des Bodens (namentlich Quarzsand), die von humussauren Salzen und ausgeschiedenen Humussäuren umhüllt und zusammengekittet sind. Zerfällt leicht durch Behandlung mit Natronwasser in Sand und Feinerde mit einer geringen Menge amorphen Torfschlamms in einer schwarzen Lösung. Wird von verdünnter Mineralsäure nur schwach affizirt. Zerfällt an der Luft.

Durchweg als zusammenhangende Schicht vorkommend, die einigermassen der Gestaltung der Oberfläche folgt, unter der ausgewaschenen obersten Schicht der Bodenkruste (Bleisand) in torfbedeckten Wäldern und Haiden, 1 bis 50 Centimeter unter der Oberfläche.

a. Eisenhaltiger Humusortstein enthält grössere Mengen von Eisen als der Untergrund unter der Schicht.

In sehr thonarmem Sandboden in der obersten Partie des Untergrundes gelagert.

b. Eisenarmer Humusortstein (Rotherde) enthält geringere Mengen von Eisen als der Untergrund unter der Schicht.

In weniger thonarmem bis lehmigem Sandboden oder sandigem Lehmboden, im Obergrunde in verschiedenem Abstande von der Oberfläche gelagert.

C. Durch Konkretion entstandener Ortstein.

4. Eisensandstein. Dichter, harter Sandstein von gelbbrauner Farbe, bestehend aus den von Eisenoxydhydrat (nach Senft mit etwas Eisenoxydul und anderen Stoffen untermischt) umhüllten und zusammengekitteten Skelettheilen des Bodens (namentlich Quarzsand). Zerfällt nicht an

In der obersten Schicht des torfbedeckten Sandbodens als klumpenförmige Aggregate von verschiedener Grösse und Form. Wahrscheinlich auch grössere zusammenhangende Partien auf dem Platze des Humusortsteins in feuchtem Haideboden.

der Luft oder durch Behandlung mit Alkalilösung, wohl aber durch Abstehen oder Kochen in verdünnter Salzsäure.

5. Raseneisenstein. Poröses, schlackenförmiges Erz von schwärzlicher Farbe mit 80—95 Procent Eisenoxydhydrat (Senft). Verhältniss zur Luft, zum Alkali und zur Säure wie bei 4.

Klumpige, schlackenförmige Massen in Mooren und Sümpfen, dann auch im Thonortstein, wo dieser an die humose Oberfläche nahe herantritt und auf ziemlich undurchdringlichem Untergrunde ruht, sowie auch an vielen anderen theil- oder zeitweise von der Luft abgeschlossenen Stellen in den obersten, von humosen Stoffen beeinflussten, namentlich sandigen Bodenschichten.

Schnelligkeit der Haidebildung.

Von welcher Bedeutung für das Verständniss der geschilderten Umbildungen im Boden eine Kenntniss von der Schnelligkeit, mit welcher sich die Veränderung im Allgemeinen vollzieht, auch sein möge, so muss doch die Entscheidung dieser Frage, soweit sie die Haiden betrifft, aus Mangel an genügend sicheren Ausgangspunkten vor der Hand dahingestellt bleiben. In Betreff des Buchenwaldes können oft das Alter und die Beschaffenheit der vorhandenen Bestände brauchbare Anhaltspunkte abgeben; in den Haiden aber fehlt es an den entsprechenden Daten. Da meine Bestrebungen, diese Frage zu erforschen, jedoch zu einigen Wahrnehmungen geführt haben, die möglicherweise Bedeutung für ein fortgesetztes Studium gewinnen können, so lasse ich hier das Wichtigste davon folgen.

Schon Vaupell hat die Aufmerksamkeit auf die Haidestrecken in der Nähe von Viborg, als ganz besonders für das Studium des jütischen Eichengehölzes geeignet, hingelenkt, und es sind diese Lokalitäten auch vornehmlich Gegenstand meiner Beobachtungen gewesen, namentlich die Gegend um Finderup, wo mit Ausnahme der Wälder von Hald nur noch unansehnliche und zerstreut liegende Eichengestrüppe von den grossen Waldungen, in denen König Erik Glipping unmittelbar vor seiner Ermordung im Jahre 1286 jagte,

übrig sind. In dieser Gegend hoffte ich einige geschichtliche Aufschlüsse über die Umwandlung des Waldes in Haide finden zu können, es gelang mir aber nur, einige zerstreute Notizen zusammenzubringen; wahrscheinlich wird in den Viborger Archiven mehr darüber enthalten sein.

Auf der von der Gesellschaft der Wissenschaften herausgegebenen, im Jahre 1800 gestochenen Karte der Aemter Skivehuus, Bövling und Lundenäs ist eine grosse Waldstrecke zwischen Stanghede und Vedhoved angegeben. Davon sind jetzt nur unscheinbare, in der Haide zerstreute Gestrüppe unter dem Namen „Falle Krat“ noch übrig. Nach gerichtlichen Urkunden in den Viborger Archiven, die vom Justizsekretair Morville durchgesehen sind, wurde am 26. Januar 1799 der sogenannte Fallitsgaarder Wald für 1095 Reichsbankthaler beim „Waldhause“ versteigert, und am 19. August 1799 wurden die Bäume dieses Waldes, „theils Eichen-Nutzholz und theils Brennholz“ wieder versteigert, und zwar in 58 Abtheilungen, zum Abtrieb. Nach der Aussage alter Leute aus der dortigen Gegend wurden alle Bäume in kurzer Zeit gefällt. Dass der Wald jedoch damals wahrscheinlich schon in Verfall gerathen war, ist daraus zu ersehen, dass im Jahre 1754 eine Auktion im Waldhause des Faller Waldes über 279 „umgewehte Bäume“ abgehalten wurde. Wir haben hier also eine Haidestrecke, die nicht viel älter sein kann als 80 Jahre, und soweit sich meine, übrigens nicht genügend umfassenden Untersuchungen auf dieser Lokalität erstrecken, hat der Boden hier überwiegend den Charakter junger Haide, namentlich so wie er auf Taf. III Fig. 3 dargestellt ist, wenn auch stellenweise Strecken mit grösserer Differenzirung in der obersten Bodenschicht vorkommen. Bei meinem dortigen Besuche im Jahre 1880 befanden sich hier an vielen Stellen grosse, wohlerhaltene Eichenstümpfe in den Gestrüppen, oft mit einem Durchmesser von 1—2 Fuss. Das Gestrüpp selbst war im Allgemeinen elend und verkümmert, viele Büsche ragten kaum über das Haidekraut empor und selten sah man einen von 2 Fuss Höhe und 4—6 Fuss im Durchmesser. Der Boden gehört weder zu den trockensten noch zu den magersten der Haiden dieser Gegend.

Etwas weiter nach Nordosten, südlich vom Dorfe Finderup, liegt ein anderes interessantes Gebüsch, das vormals auch einen Theil derselben Waldstrecke ausgemacht hat, nämlich Findskov Krat. Dasselbe ist auf der erwähnten Karte von 1800 nicht angegeben,

und der Wald ist also vermuthlich schon früher verschwunden, worauf auch sowohl der Boden als auch die vollkommene Abwesenheit von Eichenstümpfen in den Gestrüppen hindeutet. Zu welcher Zeit dieser Wald verschwunden ist, darüber habe ich keine bestimmten Aufschlüsse zu finden vermocht, aber seine Lage zwischen dem Halder Eichenwald und dem noch zu Anfang des Jahrhunderts existirenden Faller Walde, welche nur eine gute halbe Meile auseinander lagen, gepaart mit anderen Daten, macht es wahrscheinlich, dass derselbe vor 150—200 Jahren zu Grunde gegangen ist. Noch hier ist die Haidebildung keine regelmässige zu nennen, wie auf den grossen gleichförmigen Haidestrecken der westlichen Gegenden, aber sie ist doch an vielen Stellen weiter vorgeschritten als in den untersuchten Partien des Faller Gehölzes. Wie schon früher berührt, findet sich vortrefflicher Mull unter den übrigens niedrigen Gebüschen des Findskov Krat; in der unmittelbaren Nähe derselben oder wo sie in grösserer Menge beisammen liegen, ist der Boden wie in der oben beschriebenen jungen Haide, aber an anderen Stellen befinden sich sowohl Striche mit altem, wohl entwickeltem Ortstein, als auch andere mit gutem, sogar vortrefflichem Mull, die alle mit der gleichförmigen Haidekrautdecke überzogen sind. Diese Abwechslungen habe ich in den alten Haiden der westlichen Gegenden nirgends gesehen und ich vermuthe, dass sie auf eine später begonnene Haidebildung hindeuten; die Stellen, wo Ortstein und Bleisand in dieser Gebüschpartie stärker entwickelt sind, waren vielleicht alte Haideflecke im Walde, wie dies noch im Jahre 1880 im Tykskover Gehölz der Fall war, dessen Baumwuchs und Boden in sehr lehrreicher Weise derartige Gebüschreste wie Findskov erklären.

Diese bescheidenen, gar zu fragmentarischen Bemerkungen über die Waldreste westlich vom Halder Eichenwald deuten darauf hin, dass die Bleisand- und Ortsteinbildung unter dem Haidekraut langsamer vor sich geht, als in den Buchenwäldern, deren weit grössere und an löslichen Humussäuren weit reichere jährliche Abfallmasse das schnellere Anwachsen der Torfbildung an Mächtigkeit bewirken kann. Beobachtungen, die auf einer Lokalität von ganz anderer Beschaffenheit angestellt wurden, geben Andeutungen nach derselben Richtung hin.

Auf vielen Punkten in der Haide zeigt die Oberfläche eine sehr unregelmässige Beschaffenheit; der Boden sieht aus wie zerrissen und bildet eine bunte Mannigfaltigkeit von kleinen Höhen und

Thälern, die sich bisweilen auf der im Uebrigen gleichmässigen Haidefläche zu einem wilden Alpenlande im Kleinen gestalten und bisweilen eine gerade oder halbkreisförmige Kette von Hügeln bilden. Obgleich dies Terrain von derselben gleichförmigen Vegetation bedeckt ist, wie die gewöhnlichen Haiden, ersieht man doch bald theils aus der Beschaffenheit der Oberfläche, theils aus den zahlreichen Entwickelungsformen, dass es aus überwachsenen Dünen, früheren Flugsandbildungen, für die der gewöhnliche Haideboden das Material geliefert hat, besteht. Eine Untersuchung zweier solcher überwachsenen Sandpartien, Birkebäk Sande in der Nähe von Holt und Klövdal Sande in der Högildgaards Pflanzung, beide im Kirchspiel Rind gelegen, ergab folgende Beschaffenheit des Bodens.

Im Birkebäk Sande waren die Dünenpartien mit 1—3 Zoll dickem losem und braunem Torf bedeckt, welcher mit Haidekraut und Rauschbeeren (*Empetrum nigrum*), im Grunde untermischt mit Hypnum, bewachsen war. Darunter lag ein 1 Zoll dicker, schwach ausgeprägter, bisweilen, namentlich in den Niederungen, humusfarbiger Bleisandstreifen über einer 2—3 Zoll mächtigen, schwach entwickelten Schicht von lockerem, erdigem Humusortstein, der wiederum auf einer Schicht gelbrothen zusammengewehten Haidesandes von gewöhnlicher Beschaffenheit ruhte. Die Tiefe dieses letzteren wechselte natürlich je nach der Höhe der Düne; wenn man so tief hinabgrub, dass man das Niveau der alten Haide erreichte, so fand man hier eine 1 Zoll dicke, blauschwarze Schicht alter Haidekruste, in welcher die Pflanzenstruktur ganz verschwunden war, darunter kam 3 Zoll dicker, gewöhnlich weisser Bleisand und endlich zwischen diesem und dem gewöhnlichen Haidesande eine 3—4 Zoll mächtige, zum Theil schwarzbraune und ziemlich feste und dichte Schicht alten Humusortsteins.

Die Fig. 6 und 7 auf Taf. III illustriren diese Bildungen an Stellen, wo der übergewehte Sand nur geringe Mächtigkeit hat. Fig. 7 hat statt einer Schicht eisenhaltigen Sandes über der alten Haidekruste eine dünne, entfärbte bleisandartige Schicht, die offenbar früher eine beginnende Ortsteinbildung (dies zeigt die Schattirung der Schicht) enthalten hat, aber später ganz ihres Eisens beraubt worden ist, möglicherweise unter dem Einfluss der hier sehr mächtigen alten Haidekruste auf die dünne Sandschicht. Nach dem, was im Vorstehenden über die verschiedene Entwickelungsweise der Bleisand- und Ortsteinschichten mitgetheilt wurde, ist anzunehmen,

dass dieselben in den Dünen wahrscheinlich auf dieselbe Weise wie im lehmigen Waldboden gebildet werden und also von Anfang an nur eine geringe Mächtigkeit haben.

Wir haben hier eine unzweifelhafte Neubildung von Torf, Bleisand und Ortstein in dem über der alten Haide gelagerten Sande; aber die neuen Bildungen haben bei weitem nicht dieselbe Entwickelung erreicht, wie die der begrabenen Haide, obwohl sie das Resultat einer wahrscheinlich mehr als hundertjährigen Entwickelung sind.[1])

Klövdal Sande scheint noch älteren Ursprungs zu sein als Birkebäk Sande, doch ist diese Partie im Uebrigen ganz von derselben Beschaffenheit wie letztere, abgesehen davon, dass der neugebildete Humusortstein und Bleisand stellenweise etwas schärfer ausgeprägt sind, während sie doch eine viel geringere Entwickelung haben, als die entsprechenden Schichten in der darunter liegenden alten Haide.

Wenn man diese Beobachtungen zusammenfasst, so scheint es mir, dass man mit Jahrhunderten rechnen muss, wenn man die Zeit für die Bildung der ausgeprägten, einen starken und dunkeln Humusortstein enthaltenden Haiden veranschlagen will; jedenfalls kann es keinem Zweifel unterliegen, dass man an vielen Stellen im westlichen Jütland nicht mit kleineren Zahlen rechnen kann. Durch die Beobachtung aber würde man jedoch schwerlich zu einem genaueren Verständnisse vom Alter der Haiden gelangen, wenn nicht in den Hünengräbern eine Urkunde von vorzüglichem Werth für die Beantwortung dieser Frage vorläge.

Emeis hat schon in den „Waldbaulichen Forschungen" auf Taf. VII unumstössliche Beweise geliefert, dass die typische Haidebildung mit Torf, Bleisand und Ortstein schon zu der Zeit, als die Hünengräber aufgeworfen wurden, voll entwickelt war, denn dieselben sind auf den genannten Schichten aufgeführt.

Zu demselben Resultat gelangt man durch eine Untersuchung des Baumaterials dieser Hügel, das oft aus Haidekruste mit Bleisand besteht, wovon ich mich bei meinen Ausflügen in der Haide oft zu überzeugen Gelegenheit hatte. Um dies Verhältniss näher

---

[1]) Unmittelbar an der Dünenpartie wohnt ein sehr alter Schmied, der sein ganzes Leben hindurch auf der Stelle gelebt hat, gleichwie sein Vater vor ihm. Er versichert, dass seit dem Anfang des Jahrhunderts keine sichtliche Veränderung mit der Haide in jenem Terrain vorgegangen ist.

zu beleuchten, liess ich in dem prächtigen östlichen der drei Hjortsballegräber, die im Kirchspiel Rind liegen und in der Haide meilenweit sichtbar sind, ein paar Profile ausheben. Aus beiden Profieln, von denen das eine über vier Fuss tief war, ging unzweifelhaft hervor, dass das Grab, wenigstens bis zu dieser Tiefe aus Haidetorf von voll entwickelter Haide erbaut, und dass die Haideplaggen ganz in derselben Weie gelegt waren, wie die Haidebewohner sie noch heutigen Tages in ihren Erdwällen anbringen, nämlich mit der Erdseite nach oben und dem Haidekraut nach unten, so dass ein glatt abgeputztes Profil einer backsteinernen Wand ähnlich sah, deren einzelne graulich weisse Steine nach unten zu immer schwärzer wurden und mit einem intensiv dunkel gefärbten Rande abschlossen.

Dass dieses Baumaterial aus Haidetorf mit etwas von dem gewöhnlichen Bleisand besteht, lässt sich aus folgenden Punkten schliessen. Grassoden können es nicht gewesen sein, da diese, die nur wenige Procente organischen Stoffs enthalten, unmöglich einen so intensiv schwarz gefärbten Streifen hätten zurücklassen können. Dass es ferner nicht mit Haidekraut bewachsene Erde ohne Torf und Bleisand gewesen ist, ergiebt sich theils aus der weissgrauen Farbe der Erdmasse und ihrer oft grossen Uebereinstimmung mit den soeben besprochenen Schichten in der übersandeten Haide mit Torf und Bleisand (namentlich Taf. III Fig. 6), theils aus der grossen Menge Humusstoff, der nur von einer Torfschicht herrühren kann. Dass endlich die weissgraue Farbe in diesen ein paar Jahrtausende alten Haideplaggen nicht im Laufe der Zeiten durch das Verschwinden des Eisens entstanden sein kann, ist auf eine höchst überzeugende Weise daraus ersichtlich, dass sich unter den weissgrauen Feldern einzelne befinden, welche ganz dieselbe Farbe haben wie der Untergrund der Haide, und die ohne Zweifel von Gras- oder Haidekrautsoden herrühren, welche einem Areal entnommen sind, wo noch keine Bleisandbildung begonnen hatte und der ursprüngliche Boden unmittelbar die Vegetation trug. Solche Soden würde man jetzt in der Haide, in welcher die Hjortsballegräber liegen, gewiss nicht mehr zu Wege bringen können, und sie zeugen deshalb theils davon, dass nicht das ganze Terrain, das die genannten Gräber umgiebt, im Alterthum dieselbe Beschaffenheit gehabt hat, wie jetzt, theils dass bleisandfreie Haidekraut- oder Grassoden unter solchen Verhältnissen im Laufe der Jahrhunderte nicht das Aussehen wirklichen Haidetorfs mit einer bleisandhaltigen Erdseite annehmen können.

In unserer archäologischen Literatur finden sich verschiedene Aufzeichnungen darüber, dass sowohl Bronze- als Eisenaltergräber aus „Haideplaggen“ erbaut sind, und damit ist wahrscheinlich dasselbe Material gemeint wie das für die Hjortsballegräber verwendete. Dies ist z. B. bei dem berühmten Grabhügel Gorm's [1]) und wahrscheinlich auch bei Borum Eshöi [2]), Lille Drags Höi [3]), Muldbjerget [4]) u. a. der Fall, die alle in Jütlands Haidegegenden oder auf Stellen liegen, wo Haide gewesen sein kann, während die Grabhügel in den guten Gegenden, namentlich auf den Inseln aus Erde oder Steinen, oder irgend einem anderen, unsere Untersuchungen nicht berührenden Material erbaut sind.

Es scheint demnach festzustehen, wenn man von der die Haidebildung begleitenden Entwickelung von Bleisand und Ortstein in der Erdkruste ein Verständniss erlangen will, dass man in Betracht ziehen muss, wie diese Entwickelung nicht allein in unserer Zeit sich vollzieht, sondern bei derselben, für die jetzigen Haiden als charakteristisch anzusehenden Bodenbeschaffenheit sich wahrscheinlich Jahrtausende weit in die graue Vorzeit hinauf erstreckt, und dass sie mit einer je nach der Beschaffenheit der Oertlichkeit und der herrschenden Vegetation sehr verschiedenen Schnelligkeit, aller Wahrscheinlichkeit nach weit rascher in den Wäldern als in den Haiden, sich vollzieht.

Rückblick.

Unsere Studien über den natürlichen Boden in Buchenwäldern, Eichenwäldern und Haiden, sowie die allerdings etwas spärlichen Beobachtungen über die Beschaffenheit des Bodens unter verschiedenen anderen Vegetationsgruppen stellen den mächtigen Einfluss in ein helleres Licht, welchen das organische Leben durch den Zustand, in dem die organischen Abfallmassen angehäuft und im Boden umgesetzt werden, auf die Beschaffenheit der Lokalität ausübt. Wir wollen jetzt versuchen, die ganze Reihe der angestellten Beobach-

---

[1]) Kornerup, Kongehöiene i Jellinge, Kbhn. 1875, p. 16.

[2]) V. Boye, Samlinger til jydsk Historie og Typographi, Bd. VI, Aalborg, p. 220.

[3]) Ebenda p. 218.

[4]) Mündliche Mittheilung durch Dr. Petersen.

tungen in einem allgemeinen Ueberblick über die untersuchten Erscheinungen und ihre Bedeutung zu sammeln.

Verschiedenheit der humosen Erdschichten. — Man kommt in neuerer Zeit immer mehr zu der Erkenntniss, dass die frühere Auffassung der Zersetzung der todten organischen Reste als eines einfachen chemischen Processes, einer Verbrennung mit Bildung von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak als Endresultat des Umsatzes, in hohem Grade einseitig ist, und man weiss, in welcher Richtung die mit Pasteur's epochemachender Entdeckung begonnenen Beobachtungen unsere Auffassung vom Verrottungsprocess modificirt haben. Es scheint indessen, dass die einschlägigen Untersuchungen den grössten und umfassendsten Zersetzungsprocess, den wir mit dem weiten Begriff der Humifikation des von der organischen Welt jährlich an den Boden abgegebenen Stoffs bezeichnen, nur in geringem Grade berührt haben, und es steht zu erwarten, dass eine Untersuchung des Verhältnisses dieser Zersetzung zu besonderen Humifikations-Organismen einem neuen bedeutungsvollen Verständniss dieses verwickelten Processes den Weg bahnen werde. Trotz der durch Schlössing und Müntz gemachten hübschen Entdeckung des organischen Ursprungs der Salpetersäurenbildung und der späteren Arbeiten über verwandte Gegenstände[1]), welche eine Andeutung davon geben, was sich vermuthlich auf diesem Gebiet ausrichten lässt, scheint mir doch eine solche Grundlage elementarer Untersuchungen über die natürliche Beschaffenheit der Humusformen zu fehlen, welche die nothwendige Voraussetzung eingehender und schwierigerer Forschungen bilden muss; erst muss das erste Glied des Umsatzes, die Einwirkung höherer Organismen, gekannt sein; die Loupe und das Mikroskop müssen erst die roheren Umrisse gezeichnet haben, ehe die Untersuchung sich an das fast Unsichtbare wagt. Die mitgetheilten Wahrnehmungen scheinen als eine bescheidene Einleitung zu dieser elementaren Erkenntniss dienen zu können.

Die jährlichen organischen Abfallmassen können sich auf trockenem Boden in einer ausserordentlich grossen Reihe von Formen ablagern, die jedoch in mehrere, den von v. Post nachgewiesenen organischen Ablagerungen in süssem Wasser entsprechende Haupt-

[1]) S. z. B. Tuxen, Nyere Undersögelser over Salpeterdannelsen i Jordbunden (Tidsskr. f. Landökonomi. R. V Bd. II p. 201).

gruppen zerfallen. Der eine dieser Typen, der Mull, kann koprogener Humus genannt werden, da er hauptsächlich aus thierischen Exkrementen besteht, während der andere, der Torf, als vegetabilischer Humus zu bezeichnen ist, da er vornehmlich aus unzersetzten Pflanzenresten[1]) gebildet wird. Die Uebereinstimmung zwischen diesem Torf und dem gewöhnlichen Moortorf ist der Art, dass sie als vollkommen analoge Bildungen aufzufassen sind, und wir haben gesehen, wie beide in dazu geeigneten Oertlichkeiten (Vindumer Wald) allmählich in einander übergehen können. Der Hauptzug in der Entwickelung ist der Umstand, dass das humusbildende Thierleben von der Oertlichkeit ausgeschlossen ist; von untergeordneter Bedeutung dagegen ist es, ob zu grosse Feuchtigkeit, zu grosse Dürre oder andere Ursachen Schuld daran sind. Dies giebt nämlich der Hauptsache nach der Schicht nur insofern einen verschiedenen Charakter, als die Abfälle verschiedener Vegetationsformen ihre Zusammensetzung beeinflussen; in allen Fällen kann man sie mit vollem Rechte Torf nennen. Die von v. Post gegebene Definition[2]) von Torf zum Unterschied von anderen organischen Ablagerungen in unseren süssen Gewässern kann auf die speciell hier unter „Torf“ gemeinte Schicht Wort für Wort angewandt werden, und die hier mitgetheilten Untersuchungen beleuchten demnach nur eine mit den von dem erwähnten Verfasser nachgewiesenen Süsswasserbildungen durchaus analoge Reihe von Abfallmassen auf dem Trockenen.

Es liegt in der Natur der Sache, das zwischen typisch vegeta-

---

[1]) Darwin fand im Jahre 1837 den Ausdruck „animal mould“ am bezeichnendsten für den Begriff, den v. Post durch „koprogene“ Bildung ausdrückt. Später hat er jedoch diese Bezeichnung nicht festgehalten und da er schwerlich vegetabilischen Humus gekannt hat, den Ausdruck „vegetable mould“ aber für die koprogenen Schichten gebraucht, so scheint es mir, dass man es v. Post schuldig ist, seine Terminologie anzunehmen, weil dieselbe auf einem klareren Verständniss des ungleichen Ursprungs der verschiedenen organischen Lagerungen ruht. Dieser Verfasser rechnet freilich auch, wie mir scheint, ziemlich unkorrekt, den Torf zu den koprogenen Bildungen, weil derselbe gewöhnlich eine Menge thierischer Exkremente enthält. Ich halte dafür, dass sein charakteristischer Gehalt an einer grossen Menge unzersetzter Vegetabilien, die bei einigen Torfarten den ganz überwiegenden Theil der Masse ausmachen, dazu auffordert, den Torf als eine hauptsächlich vegetabilische Bildung den rein koprogenen Ablagerungen entgegenzustellen.

[2]) A. a. O. p. 26 ff.

bilischem und koprogenem Humus sich eine unendliche Reihe von Uebergangsformen befindet, denn es giebt wohl keine Schichten vegetabilischen Ursprungs, die nicht mit einer sogar bedeutenden Masse thierischer Reste vermischt wären, und andererseits ist aller koprogene Humus, jedenfalls in seinen jüngsten Stadien, mit unverzehrten Pflanzenanhäufungen untermischt; aber die Typen lassen sich doch, ebenso gut wie andere Typen in der Natur, unterscheiden.

Dass die vegetabilischen Humusablagerungen, welche wir als Torf bezeichnet haben, in hohem Grade ihr Gepräge der Vegetation entnehmen, deren Abfälle ihre Substanz bilden, braucht kaum besonders hervorgehoben zu werden und geht überdies aus den oben besprochenen Beobachtungen über Torf in Eichenwäldern, Buchenwäldern, Fichtenwäldern, Haiden, Salzwiesen u. s. w. genugsam hervor. Die Mächtigkeit, Struktur und Festigkeit der Torfschichten, sowie ihr Einfluss auf den darunter liegenden Boden wird demnach in hohem Grade von der eigenthümlichen Beschaffenheit der Abfallmasse bei jeder Vegetationsform beeinflusst. Besonders zu bemerken ist aber, theils dass gewisse Oertlichkeiten vornehmlich Lagerungsstellen für die Torfarten bilden, theils dass verschiedene Vegetationsformen eine verschiedene Neigung zur Hervorbringung von vegetabilischem Humus haben, theils endlich dass dieser unter sehr verschiedenen Vegetationsformen abgelagert werden kann, ohne andererseits bei jeder beliebigen Vegetation oder in jeder beliebigen Lokalität die einzige Humusform zu sein. Man ist deshalb zu dem Schlusse berechtigt, dass die Bildung von vegetabilischem Humus von einem anderen Faktor abhängt, der nicht nothwendig an die Oertlichkeit oder die Vegetation geknüpft ist, und mit Bezugnahme auf die mitgetheilten Beobachtungen darf man, wie mir scheint, mit vollem Recht annehmen, dass das Vorhandensein oder der Mangel eines thierischen Lebens die Ursache ist, die in den meisten Fällen die Ausführung des ersten Gliedes in der Zersetzung der organischen Abfallmasse bedingt. Dadurch wird die Bedingung für die Bildung des vegetabilischen Humus eine negative, nämlich das Fehlen oder die zu spärliche Entwickelung der Thiergruppen, welche an anderen Stellen die Humifikation einleiten. Dies sieht man vielleicht am deutlichsten an den Eichenwäldern auf Sandboden. Hier begünstigt die Vegetation selber nur in geringem Grade die Torfbildung, welche sich deshalb nur sporadisch entwickelt und aus den Abfallmassen der organischen

Welt zusammengesetzt wird, wozu die Vegetation selber direkt kein sehr wesentliches Material liefert.

Die koprogenen Ablagerungen erhalten ihr Gepräge theils von der Beschaffenheit der organischen Abfallmasse, theils durch die Thätigkeit des vorhandenen Thierlebens, oder die Art und Weise, wie die Erdfauna das die Humifikation einleitende Zersetzungswerk ausführt. Da die zahllose Menge der Gliederthiere aus den Klassen der Insekten, Araneen, Myriapoden und Krustaceen so zu sagen überall scharenweise auftreten, theils in den über der Erde befindlichen Partien der Vegetation, sowohl in den Baumkronen, als in den Haidekrautwipfeln, theils auf der Oberfläche und in den obersten Schichten der Erde, so werden in keiner humosen Ablagerung Exkremente von Gliederthieren fehlen, und unsere mikroskopische Analyse hat solche auch überall nachgewiesen. Allein es beruht auf verschiedenen Umständen, ob die Humusschicht ihr wesentliches Gepräge von den Arthropodenexkrementen annehmen soll. Auf der einen Seite können nämlich die vegetabilischen Abfälle jährlich in einer solchen Menge zugeführt werden und von einer solchen Beschaffenheit sein, dass die Arthropodenbevölkerung der Oertlichkeit nicht die ganze Menge verzehren kann, oder an derselben eine zu ihrer vollen Entwickelung nicht hinreichende Nahrung findet. Dies ist der Fall beim Buchentorf auf den hohen, stets durchwehten Hügelkämmen, beim Fichtentorf mit seinen steifen, trockenen und an harzigen Stoffen reichen Nadeln, und beim Haidekrauttorf mit seinen dürftigen Abfällen, welche ein äusserst spärliches Thierleben nicht völlig umzusetzen vermag; aber dazu kommt noch, dass das oberflächliche Wurzelsystem der herrschenden Vegetation in hohem Grade zur Vermehrung der unzersetzten Bestandtheile der Masse beiträgt, so dass dieselbe trotz ihrer Vermischung mit koprogenen Elementen doch den Charakter von vegetabilischem Humus annimmt. Wo aber andererseits die Verhältnisse, welche dies Resultat bewirkten, nicht so stark vorherrschen, da machen die Arthropodenexkremente auch einen grösseren Theil der Masse aus. So sind die Torfbildungen in jungen, gut geschlossenen Buchenstangenwäldern wegen der darin enthaltenen grösseren Menge von Insektenexkrementen immer lockerer als in den offenen, ausgelichteten Buchenwäldern mit alten Bäumen, und in geschützt stehenden Gruppen von 20—30jährigem Buchenaufwuchs kann die Masse den Charakter eines reinen Insektenmulls annehmen. Dasselbe kann, wie wir gesehen haben, in

mangelhaft bewachsenen Eichenwäldern der Fall sein, deren Abfallmasse geringer ist als die der Buchenwälder, und deren Wurzelsystem nur in geringem Grade zur Masse der Humusschicht beiträgt.

Obgleich also die Arthropodenwelt bei der ersten Zersetzung der organischen Abfälle eine mächtige Rolle spielt, so kommen doch die koprogenen Humusschichten, welche in ganz überwiegendem Grade von diesen Thierklassen gebildet sind, nur in verhältnissmässig geringem Umfange und ziemlich sporadisch vor. Die Ursache davon liegt offenbar darin, dass die Ausbreitung dieser Bildungen andererseits von einem dritten Faktor, der von den Regenwürmern ausgeführten Arbeit, begrenzt wird. Es scheint nämlich zu den Ausnahmen zu gehören, dass die örtlichen Verhältnisse, welche die Entwickelung von reinem Arthropodenhumus begünstigen, nicht zugleich der Arbeit der Regenwürmer, welche das von den Insekten eingeleitete Umsatzwerk rasch fortsetzen und so die Bildung grösserer Ansammlungen von Arthropoden-Exkrementen verhindern, förderlich sind.

Die am weitesten verbreitete aller koprogenen humosen Ablagerungen auf dem Trockenen ist demnach der von den Regenwürmern gebildete Mull. Wenn man von dem weniger verbreiteten, nur sporadisch vorkommenden, annähernd reinen Arthropodenhumus absieht und die Erscheinungen in ihren Hauptzügen betrachtet, so kann man sagen, dass der vegetabilische Humus in seinen verschiedenen Formen und der von den Regenwürmern gebildete Mull das Terrain des natürlichen Bodens unter sich theilen.

Dass dieser Mull als eine wirklich koprogene Bildung aufzufassen ist, zeigt erstens seine Struktur, gepaart mit unserer Kenntniss von der Lebensweise der Regenwürmer. Die oberste, zuletzt gebildete Schicht des Mulls besteht nämlich unbestreitbar aus Regenwürmerexkrementen, was eine einfache Okularuntersuchung zeigt und ferner noch durch die Wahrnehmung bestärkt wird, dass die Körner der Oberfläche nach den Regenwürmerarten, die in der Oertlichkeit die herrschenden sind, an Grösse und Beschaffenheit wechseln. So haben wir eine feine griesige Struktur im Skarrild Krat gefunden, wo nur *Lumbricus purpureus* haust, und eine grobe griesige Struktur im Tykskov Krat, wo zugleich *Lumbricus rubellus* lebt, obgleich der Boden an beiden Stellen aus sehr magerem und trockenem Haidesande bestand. Zweitens ist es noch niemals gelungen, eine andere natürliche Ursache der besprochenen eigenthümlichen Boden-

mischung mit ihrer charakteristisch geringen Konsistenz, oder wie man es gewöhnlich bezeichnet, ihrer vollkommenen Lockerheit, nachzuweisen, als den Verdauungsprocess der Regenwürmer und ihr unaufhörliches Durchwühlen der Erde. Die Mischung, welche durch das Wasser erfolgt, ist von einer ganz anderen Beschaffenheit und leicht von der durch die Regenwürmer ausgeführten zu unterscheiden, welche, wie im ersten Theil dieser Arbeit ausführlicher besprochen wurde, das bedeutungsvollste Moment in ihrer mullbildenden Thätigkeit ist. Drittens endlich nehmen die humosen Erdschichten niemals den Charakter von lockerem Mull an, wo der Regenwurm fehlt; denn dort findet man entweder Arthropodenhumus oder vegetabilischen Humus. Als Ergänzung des letzten Punktes könnte hinzugefügt werden, dass ich überall in den verschiedensten Oertlichkeiten, wo typischer Mull vorkommt, Regenwürmer gefunden habe. Diese Wahrnehmung schliesst allerdings — als reines Gedankenexperiment — die auch von Anderen ausgesprochene Deutung (wovon weiter unten die Rede sein wird) nicht aus, dass die Regenwürmer nur die Bewohner, nicht die Erzeuger dieser Humusform seien; aber im Verein mit den drei vorhergehenden Momenten wird dieses vierte ein vollgültiger Beweis für die Richtigkeit unseres Schlusses.

Obwohl es mir demnach unzweifelhaft scheint, dass der lockere Mull für eine koprogene Schicht, die den Regenwürmern ihren vornehmsten Charakter verdankt, angesehen werden müsse, so darf es doch nicht verschwiegen bleiben, dass es weder mir noch irgend einem Anderen gelungen ist, alle hierher gehörigen Fragen zu beantworten, und namentlich ist es noch unaufgeklärt, ob der ganze Obergrund oder nur ein Theil desselben durch den Darm der Regenwürmer gegangen ist und also zu den koprogenen Bildungen gerechnet werden muss. Wir werden später auf diese Frage zurückkommen.

Wenn unsere ganze Auffassung richtig ist, so muss eine bestimmte Verbindung zwischen dem Vorkommen der beiden Humustypen und den Verhältnissen, welche die lokale Ausbreitung der Regenwürmer bedingen oder begünstigen, sich nachweisen lassen. Obwohl unsere Kenntniss von dem letzteren Punkte noch sehr mangelhaft ist, werden doch unsere Beobachtungen Andeutungen geben, welche sämmtlich die ausgesprochene Auffassung bestätigen.

Es scheint, als ob kein vegetationtragender Boden unseres Landes — mit Ausnahme sumpfigen Terrains und trockener Sand-

dünen — den Regenwürmern unbewohnbar sei, denn sie kommen, wie wir gezeigt haben, auf den verschiedensten Lokalitäten, von den feuchten Lehmböden und torfigen Mooren bis zu den hohen, trockenen und mageren Sandhügeln Jütlands vor. Aber überall wird ihre Menge grösser und ihre Arbeit intensiver, wo der Boden durch Wald und Gebüsch beschattet oder mit einer reichlichen Vegetation krautartiger Pflanzen bedeckt, und je geschützter die Lokalität ist. Andererseits wird eine Beschränkung der Beschattung und Geschütztheit die Regenwurmbevölkerung in demselben Grade schnell und vollständig vertreiben, in welchem der Boden oder die Oertlichkeit ihrer Natur gemäss der Austrocknung und Erhitzung ausgesetzt ist. Sandiger Boden, dem Winde ausgesetzte Hügelkämme, sonnige Süd-Abhänge, spärlicher Pflanzenwuchs, dunkle Erdoberfläche, welche die Erhitzung des Bodens unter starker Einwirkung der Sonne befördert, alle diese Dinge beschränken, den gewonnenen Erfahrungen gemäss, die Menge der Regenwürmer, oder begrenzen ihr Vorkommen. Dieselben Verhältnisse begünstigen die Torfbildung, und die Beobachtungen über das Vorkommen der Würmer stimmen vollkommen mit dem, was man von der Vorliebe dieser Thiere für Schatten, Wetterschutz und Bodenfeuchtigkeit weiss, überein; von Dürre und direktem Sonnenlicht werden sie rasch getödtet. Für die Haiden kommt möglicherweise noch das rauhe Nachtklima mit der starken Ausstrahlung hinzu, die bewirkt, dass kein einziger Monat im Jahre in diesen Gegenden frei von Frost ist, was besonders für Nachtthiere mit einer so zarten Haut wie die Regenwürmer von Bedeutung sein muss. Die westlichen Partien der in Verfall gerathenen Eichenwälder auf Sandboden, wo der Wald mit seiner Bodenvegetation in Eichengestrüpp mit offenen haidekrautbewachsenen Zwischenräumen verwandelt wird, scheint eins der lehrreichsten Beispiele von dem Verhältniss der Regenwürmer zu Schirm und Schatten darzubieten. Das einsame Eichengestrüpp mit seinem knorrigen Gezweige und dichten, schützenden Laubdach bietet eine Bodenlokalität, welche unter den veränderten Verhältnissen so nahe wie möglich dem Eichenwald mit seinem blumenreichen Gebüsch entspricht, und in diese Reste ziehen sich deshalb die Regenwürmer zurück, wenn ihre ursprüngliche Wohnung, der Wald, in Trümmer zerfällt, die der Sonne und dem Wind freien Zutritt gestatten. Nach der ganzen Reihe von Beobachtungen ist man deshalb zu dem Schlusse berechtigt, dass der uralte Erfahrungssatz im Waldbau, dass Alles, was dem

Boden zum Schatten und Schutz dient, seine Lockerheit und Fruchtbarkeit befördere, so viel bedeutet, als dass diese Verhältnisse die Bewohnbarkeit der Oertlichkeit für die Regenwürmer befördert.

Aber ausser der Beschaffenheit der Oertlichkeit scheint auch der Charakter der Vegetation auf das Vorkommen dieser Thiere von Einfluss zu sein. Sie sind in grösserer Menge unter einer Vegetation krautartiger Pflanzen vorhanden und verschwinden dort langsamer, als unter einer Bewachsung von fast ausschliesslich holzartigen Formen; es scheint, als ob sich dies im Walde zugleich darin äussert, dass die krautartige Bodenvegetation des Lichtholzes in der Regel mehr Regenwürmer beherbergt, als die geschlossenen Bestände von Schattenhölzern. Eichen-, Kiefern- und Weichholzbestände (namentlich die zählebigen Zitterpappeln (Espen) und Vogelbeerbäume, die in den Eichenwäldern der Sandgegenden so wichtige Mischungsbäume sind), Wiesen und Grasfelder sind durchschnittlich stärker von diesen Thieren bevölkert, als Buchenwälder, Fichtenwälder und Haidekrauthaiden. Ob dies mit der Vorliebe der Würmer für gewisse Arten von Nahrung in Verbindung steht, oder ob nur der Einfluss der zuletzt genannten Vegetationsformen auf den Feuchtigkeitsgrad des Bodens vermöge des ihnen gemeinsamen oberflächlichen Wurzelsystems die Ursache dieses Unterschiedes ist, muss vorläufig dahingestellt bleiben; soviel aber steht fest, dass diese Vegetationsgruppen häufig ihre Erdbewohner einbüssen und zur Torfbildung am geneigtesten sind.

Einfluss der Humusformen auf den Boden. — Den typischen Hauptformen humoser Ablagerungen entsprechen so durchgängig gewisse charakteristische Zustände in dem unmittelbar darunter liegenden Boden, dass man dieselben entweder als Wirkungen gemeinsamer Ursachen betrachten oder die letzteren mit den ersteren als Wirkung mit der Ursache in Verbindung setzen muss. In gewissen Beziehungen sind beide Betrachtungen berechtigt.

Unter dem lockeren, von Regenwürmern bewohnten Mull kommt, zwar nicht überall und auf gleichartige Weise entwickelt, aber in dem etwas lehmigen Boden doch ungemein häufig und sehr verbreitet der oben beschriebene Thonortstein vor. Die hervortretendste Eigenschaft dieser Schicht, ihre Struktur und Festigkeit verdankt sie zwar nicht direkt der Humusform, da sie unzweifelhaft durch die Wasserbewegung im Boden hervorgebracht ist, aber um so enger ist wahrscheinlich die Verbindung zwischen ihrer Lagerungsstätte

und den Faktoren, die den über ihr liegenden Mull hervorgerufen haben. Denn nur der Umstand, dass die über dem Thonortstein gelagerten mullartigen Erdmassen daran verhindert werden, zu einer dichten Schicht zusammenzusinken, in welcher der Schlämmungsakt des Wassers die Poren verstopfen und die Ritzen zusammenkitten muss, macht es möglich, dass diese Thätigkeit in der obersten Schicht des Untergrundes in der Bildung des Thonortsteins ihre Spuren hinterlassen kann. Als einen solchen lockernden Faktor kennen wir bisher nur den Regenwurm, und wir haben gesehen, dass, wo derselbe von dem lehmigen Boden verschwindet, die oberste Schicht desselben ebenso hart und fest wie der Thonortstein wird (Teglstruper Gehege). Es müssen also die Würmer sein, welche bewirken, dass die ganze über dem Thonortstein liegende Bodenschicht beim Graben leicht zerfällt, wie fein behandelte Gartenerde, wo die Geräthschaften keine Klumpen hervorbringen, es sei denn, dass Pflanzenwurzeln die Erdpartikeln zusammenbinden oder eine grosse Thonmenge den Boden kleiig macht, und es ist also der Umfang der Arbeit der Regenwürmer, die Mächtigkeit der von diesen Thieren herrührenden koprogenen Schicht, was den Platz des Thonortsteins und damit zum Theil die Tiefe des Erdreichs bestimmt.

Leider gestattet der Mangel einer genügenden Kenntniss von der Lebensweise der Würmer es nicht, diesen Satz mit derselben Sicherheit hinzustellen, wie die meisten anderen Resultate, die wir aus unseren Beobachtungen ziehen zu können vermeinen. Will man der Auffassung Darwin's folgen — wozu Verfasser freilich nicht im Stande ist — so muss der ganze Obergrund über dem Thonortstein, den Darwin übrigens nicht kennt, bis zur Oberfläche von den Regenwürmern hervorgebracht und also durch den Darmkanal dieser Thiere gegangen sein, wodurch diese Schicht eine koprogene Schicht im strengsten Sinne würde. Aber wenn man auch die vielen Thatsachen, die dagegen sprechen, auf die wir später zurückkommen werden, fortdeuten zu können meint, so zeigt doch die direkte Wahrnehmung der Thätigkeit der Würmer, gepaart mit den Beobachtungen über die Struktur der Schicht, dass sie unter dem mächtigen Einfluss der rastlosen Thätigkeit der Würmerbevölkerung entstanden ist und ihre typischen Eigenschaften bewahrt. Ich zweifle deshalb nicht, dass der angeführte Satz im Allgemeinen richtig ist und dass fortgesetzte Studien über die Lebensweise der einzelnen Wurmarten die unaufgeklärten Punkte erhellen werden, zu deren Verständniss man

kommen muss, ehe eine vollständige Begründung unseres Schlusses gegeben werden kann.

Mit grösserer Zuversicht können wir in diesem Rückblick unsere Beobachtungen über den Einfluss, den die Torfschichten auf den unterliegenden Boden haben, zu sicheren Schlüssen sammeln. Wo die Bodenschichten der Glacialbildungen, welche den ganz überwiegenden Theil der Oberfläche unseres Landes bilden, durch die Ausschwemmungsthätigkeit des Wassers ihres Thons und dadurch zugleich ihrer Mineralbasen, namentlich des Eisens zum Theil beraubt worden sind, oder wo eine Auswaschung dieses Stoffs in sehr thonarmen Böden, wie in dem Haideboden, hinzugetreten ist, da bewirkt überall die filzige und humussäurenreiche Schicht des Torfs die Bildung von Bleisand und Ortstein. Dieser Process kann je nach der Beschaffenheit des Torfs und dem ursprünglichen Reichthum des Bodens an Mineralbasen einen verschiedenen Verlauf nehmen; aber er bleibt niemals aus, es sei denn, dass der Boden besonders reich ist an unorganischen Stoffen, welche die Bleisandbildung verhindern können, z. B. wo die Elemente der Kreideformation in die Erdkruste stark eingemischt sind, oder wo diese lehmig ist und unmittelbar auf dem Granit ruht, der den Humussäuren neuen Zuschuss an bindenden Stoffen liefern kann.

Wir sehen demnach, dass das organische Leben durch die Formen, in denen die Humifikation sich vollzieht, eine durchgreifende Bedeutung für die Beschaffenheit der bewachsenen Erdkruste im natürlichen Zustande hat, und es ist vermeintlich als ein wichtiges Zeugniss von der Richtigkeit dieses Schlusses anzusehen, dass die ganze Untersuchung mit grösster Bestimmtheit darauf hindeutet, dass alle bei der Bildung von Humusortstein mitwirkenden Processe derjenigen Veränderung in der Konsistenz des Bodens und der Ablagerung der Humusstoffe zugeschrieben werden können, welche eine natürliche Folge von dem Aufhören der wühlenden und mischenden Arbeit der Regenwürmer sein muss.

Rückwirkung der Humusformen auf die Vegetation. — Wenn man aber den Blick auf das Gepräge richtet, welches die verschiedenen humosen Ablagerungen in ihren mannigfachen Abwechslungen der Vegetation der Oertlichkeit geben, so wächst ihr Einfluss zu einer ungemein hohen Bedeutung in pflanzengeographischer, landschaftlicher und ökonomischer Beziehung.

In dem ersten Abschnitt dieser Arbeit wurde auf die verschiedene

Bodenvegetation in den Buchenwäldern mit Torf und mit Mull aufmerksam gemacht; in den alten Eichenwäldern auf Sandboden sieht man ferner einen bedeutenden Unterschied, der sich jedoch vornehmlich darin zeigt, dass der wahrhaft prachtvolle Blumenflor des Mulls auf dem Torf von einer nur aus wenigen Pflanzenarten bestehenden Bodenvegetation abgelöst wird, deren Formen jedoch nicht so vollständig von dem Mullboden dieser Wälder ausgeschlossen zu sein scheinen, wie die Torfflora von den mullartigen Partien des besseren Bodens.

In der Haide sind die krautartigen Pflanzen auch auf den beiden Humusarten verschieden, und endlich können wir noch an den Wechsel der Floren auf den Salzwiesen erinnern. Aber dieser ganze Einfluss nimmt einen weit grossartigeren Charakter an, wenn wir auf die perennirenden Pflanzen, namentlich die Bäume, unsere Aufmerksamkeit richten. Der torfbekleidete Boden ist den meisten Bäumen durchaus ungünstig, wenn das Verhältniss bezüglich aller Bäume oder bezüglich aller verschiedenen Formen des Torftypus auch nicht ganz gleich ist. Die Verjüngung ist aber immer weit schwieriger auf dem Torf, als auf dem Mull; die Laubhölzer gedeihen am schlechtesten, wo die erstere Humusform vorherrscht, und namentlich scheint es, als ob diejenige Holzart, deren Abfälle in der Gestalt von vegetabilischem Humus den Boden bedecken, und die selbst die Schicht mit ihren Wurzeln durchwebt, gemeiniglich mit den grössten und häufig mit unüberwindlichen Schwierigkeiten bezüglich der natürlichen Verjüngung zu kämpfen habe. Zugleich aber übt, wie man sich erinnern wird, die Torfbildung einen sehr grosen Einfluss auf den im Wachsthum begriffenen, schon alten Wald, dessen Bäume dünn belaubt werden und dürre Wipfel bekommen, und wenn andere Uebelstände, wie ein rauhes Klima oder Schmarotzerpilze hinzukommen, gehen sie rasch zu Grunde und überlassen das Feld den verschiedenen Vertretern der Haidekrautfamilie, welche auf dem torfbekleideten Boden die Hauptbewohner aus der Pflanzenwelt sind.

Ein Uebergang von einer mullartigen zu einer torfigen Bodendecke ist deshalb im Allgemeinen gleichbedeutend mit einer vollständigen Veränderung der herrschenden Vegetation, und zwar sowohl der krautartigen, als der baumartigen. Beim Walde führt der Uebergang gewöhnlich einen nothwendigen Wechsel in der Holzart mit sich, wenn nicht der Wald ganz verschwindet, wie es meistens da der Fall sein wird, wo in unserem Lande die Natur sich selbst über-

lassen bleibt; die Haidebildung ist das Endresultat der im Boden vorgegangenen Veränderungen, welche alle auf Veränderungen in der Beschaffenheit der humosen Ablagerungen zurückgeführt werden können.

Haidebildung. — Nach der oben ausgesprochenen Auffassung tritt die Haidebildung nicht als eine isolirte Erscheinung auf, sondern sie muss als ein einzelnes, keineswegs im Wesentlichen eigenthümliches Glied in der ganzen Reihe von Formen, welche die gegenseitige Wechselwirkung zwischen der organischen Welt und dem Boden diesen beiden ertheilt, angesehen werden. Dies zeigt sich sofort, wenn wir die rein populäre oder geographische Bedeutung des Begriffs Haide, als einer öden, baumlosen, unangebauten und mit Haidekraut bewachsenen Landschaft aufgeben und eine pflanzengeographische oder geognostische Bestimmung des Begriffs suchen.

In pflanzengeographischer Beziehung könnte man vielleicht auf den ersten Blick eine charakteristische Bezeichnung für die Haide in ihrer Baumlosigkeit und gleichförmigen Haidekrautvegetation finden. Wie wenig diese Anzeichen jedoch ein wirklich bedeutungsvolles Moment in den Eigenthümlichkeiten der Lokalität ausmachen, ergiebt sich aus einer näheren Prüfung. Einmal ist es bekannt, dass das Haidekraut bisweilen auf einem Terrain vorherrscht, das durchaus keine eigentliche Haide genannt werden kann, wie z. B. die trockenen Partien der grossen Hochmoore. Aber zweitens würde die Haide nach dieser Definition auch die mullartigen, baumlosen, mit Haidekraut bewachsenen Gegenden umfassen, deren Haidecharakter ganz vorübergehend ist oder es doch sein kann, indem die Baumvegetation nur durch ein besonderes Zusammentreffen von Umständen vorläufig davon ausgeschlossen ist. Auf solchen Haidestrecken wird der Wald sich das Terrain wieder erobern können, sobald er eingefriedigt und gegen rücksichtslose Behandlung gesichert wird. Wir haben gesehen, dass der künstliche Waldbau an solchen Stellen keinen Schwierigkeiten begegnet, und der Wald kann sich hier, selbst in unserem Lande, sehr wohl auf Kosten der Haiden ausdehnen (Bornholms Almende). In Dänemark haben wir indessen nur selten Gelegenheit, dieses Vordringen der Waldbäume in die Haide zu bemerken, da die allermeisten mullartigen Haidepartien im letzten Menschenalter zum Ackerbau herangezogen sind; aber grosse Strecken des mittleren Jütlands haben zu dieser Kategorie gehört, auf denen die ersten Pioniere des Waldes, Zitterpappel,

Birke und Kiefer allmählich das Terrain zurückerobert haben würden, wenn sie eingefriedigt worden wären; in den Waldgegenden des Auslandes habe ich oft Gelegenheit gehabt, diese Erscheinung zu beobachten. Der Unterschied, den wir in der mullartigen und in der torfbekleideten Haide zwischen den unscheinbaren, unter der beiden gemeinsamen Haidekrautdecke halb verborgenen Bodenpflanzen bemerkt haben, kann also grosse Verschiedenheiten zwischen diesen Gegenden, als pflanzengeographische Lokalitäten betrachtet, kennzeichnen.

In geognostischer Beziehung ist die Ortsteinbildung das bestimmende Moment, und wir können — nach der aus unseren Untersuchungen hervorgegangenen Auffassung von der Entwickelungsgeschichte des Ortsteins — die vom Humusortstein unzertrennliche Torf- und Bleisandbildung hinzufügen. Unseren in den Wäldern angestellten Beobachtungen zufolge können aber diese Ablagerungen durchaus nicht als der Haide eigenthümlich angesehen werden, weil ganz analoge Bildungen an sehr vielen anderen Stellen, als in den Haidegegenden, namentlich in den Buchenwäldern, vorkommen.

Die Haide muss, von einem geognostischen Standpunkt betrachtet, als eine der Formen angesehen werden, welche der natürliche Boden annimmt, wo das organische Leben zur Ablagerung von vegetabilischem Humus Anlass giebt. Auf diesen Punkt, als die in unseren Augen eigentliche Ursache der für die „Haideformation“ charakteristischen Differenzirung in der obersten Schicht des Bodens, ist das Hauptgewicht zu legen. Die Vegetationsform, Haidekraut oder Wald u. s. w. giebt von diesem Gesichtspunkt aus nur eine untergeordnete Abart eines Haupttypus. Da aber, wie wir gesehen haben, die Beschaffenheit des ersten Gliedes der Humifikation namentlich von den Faktoren abhängt, welche den Destruktionsprozess einleiten, und zwar ob derselbe wesentlich nur von den saprophyten Pilzen, oder vorzugsweise von Thierformen ausgeführt wird, und ferner ob es die mischenden Regenwürmer oder nur die verzehrenden Arthropodenformen sind, die diese Arbeit verrichten, so ist die Haidebildung jedenfalls der Hauptsache nach ein Ausdruck für den Einfluss, welchen die unscheinbaren, in der Erdkruste lebenden organischen Wesen auf den Boden selbst ausüben, und sie wird also ein Glied in der grossen Reihe von Zuständen, welche diese Erdorganismen in dem natürlichen Boden hervorrufen: Die Haidebildung ist ein Produkt des organischen Lebens.

Diese Auffassung scheint mir nicht allein den jetzigen charakteristischen Zustand des Haidebodens, sondern auch die Entwickelungsgeschichte der Haide zu erklären.

Es ist wiederholt anerkannt, dass die jütischen Haiden auf Kosten der jütischen Eichenwälder entstanden sind, und wir haben unzählige Zeugnisse dafür, dass diese jedenfalls sehr ansehnliche Strecken von den jetzigen nackten Haidegegenden bedeckt haben. Die Geschichte der Haide wird demnach zum Theil eine Geschichte der Eichenwälder, und die Erkenntniss davon veranlasste den Verfasser, die Haidebildung gerade in den wenigen Resten, die jetzt noch von dieser grösstentheils verschwundenen Vegetation übrig sind, zu studiren.

Es giebt unleugbar viele Ursachen des Verschwindens des alten Eichenbestandes in den jütischen Sandgegenden. Der Westwind spielt dabei eine hervorragende Rolle; und unsere oben angeführten Untersuchungen über den Zustand in der Westseite des Halder Eichenwaldes zeigen hinlänglich die Art und Weise und die Kraft mit welcher der Westwind die Eichen tödtet. Dazu kommt die wohlbekannte Erscheinung, dass die hügeligen Partien des mittleren Jütlands zum grossen Theil noch bedeutende Waldreste an der Ostseite der Hügel haben, wogegen die Westseite nackt ist, was oft dem Beschauer einer jütischen Landschaft in grossartigen Zügen ein Bild von dem Einflusse des Westwindes auf den Waldbestand gewähren kann. Fügt man dazu noch die zahlreichen Zeugnisse von rücksichtslosem Niederschlagen des Waldes in diesen Gegenden, von der grossen Eisenindustrie[1]) des Mittelalters im mittleren Jütland und dem dadurch bewirkten grossen Verbrauch an Holz, denkt man endlich an die unzähligen Waldbrände, die noch bei Menschengedenken die westjütischen Waldstrecken verheert haben[2]) und in früherer Zeit die Wälder in ganzen Harden zerstörten[3]), so lässt sich leicht begreifen, dass die im Ganzen an Stämmen ziemlich armen Eichenbestände im Laufe der Zeit verschwunden sind.

---

[1]) C. Nyrop, Dansk Jern (Histor. Tidsskr. R. IV. Bd. VI 1877—1878, p. 125—162.

[2]) Dr. Poulsen, der Besitzer des Linaa Vesterskov bei Silkeborg, hat mir mitgetheilt, dass dieser Wald im letzten Menschenalter viermal von grossen Bränden verheert wurde, und jeder von diesen hat eine Strecke der Wälder in Haide verwandelt.

[3]) S. z. B. Bergsöe, Den Danske Stats Statistik, Bd. II Kbhn. 1847, p. 203.

Allein die Benutzung oder Zerstörung der Bäume eines Waldes ist nicht unbedingt gleichbedeutend mit der Vernichtung des Waldes selber. Wo der Boden nicht gleichzeitig eine Veränderung erfährt, da wird ein junger Nachwuchs wieder hervorkeimen, und neuer Wald gebildet werden, wenn genügende Schonung vorhanden ist; selbst das Einwandern des Haidekrauts auf dem entblössten Terrain wird nicht unvermeidlich das Verschwinden des Waldes zur Folge haben, kann aber den Anlass geben, dass andere Holzarten das Areal in Besitz nehmen. Nicht einmal der so gefürchtete Westwind wird nach meiner Auffassung das vollkommene Verschwinden des Waldes bewirken können, denn seine Einwirkung auf Bäume, die in geschlossenem Trupp aufschiessen, macht sich, selbst auf ungeschützten Stellen, nur an der äussersten westlichen Grenze der Lokalität geltend, während sein Einfluss auf die Form und die Höhe der Bäume schon in einer Entfernung von 400—600 Fuss von dieser Grenze vollständig verschwunden ist.[1]) Während die genannten Verhältnisse den Baumwuchs zerstört haben, muss der Wald selber durch die sich daran knüpfende Veränderung des Bodens zu Grunde gerichtet sein, deren Hauptzüge wir im Halder Eichenwalde wiedergefunden zu haben vermeinen und deren verschiedene Stadien ihre Spuren in vielen der noch vorhandenen Eichengestrüppe in der Haide zurückgelassen haben. Unsere Beobachtungen berechtigen uns zu dem Schlusse, dass die Zerstörung des Baumwuchses in solcher Weise auf die Erdfauna einwirkte, dass dadurch die Humifikation ihren Charakter verändert hat; die Regenwürmer sind verschwunden und der von diesen Thieren gebildete Mull ist von torfigem Humus abgelöst worden, der dann die Quelle der übrigen, dem Haideboden so charakteristischen Zustände wurde.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen geht endlich hervor, dass die Haidebildung eine Geschichte hat, die sich durch Jahrtausende erstreckt; schon zur Zeit des Bronzealters hatte Jütland Haiden, möglicherweise schon weit früher, und nur wenn man bedenkt, dass die ganze Bildung sich durch sehr lange Perioden hinzieht, wird es begreiflich, wie ein im Ganzen so langsamer Entwickelungsprozess

---

[1]) Nach Messungen, die in dem zum Gute Estrup gehörigen Buchenwalde angestellt sind; derselbe steht auf gutem Boden, ist aber dem Westwinde sehr ausgesetzt, und liegt ungefähr mitten zwischen Kolding und Esbjerg, in welcher Gegend er der westlichste eigentliche Hochwald ist.

eine Landschaft wie Jütlands 100 Quadratmeilen Haide so vollständig hat umgestalten können, wie es geschehen ist. Es wird sich indessen zeigen, dass nach unserer Auffassung der Annahme nichts im Wege steht, dass auf gewissen Partien in diesen Gegenden, wahrscheinlich den trockensten, am meisten dem Winde ausgesetzten, oder den wärmsten, sich niemals koprogener Humus entwickelt hat, so dass die jetzige Haidebildung mit ihrem torfigen Humus, vielleicht durch die Steppenperiode, welche nach J. J. Steenstrup's Untersuchung[1]) zwischen der Eiszeit und der Zeit der Kieferwaldungen in unserem Lande gelegen hat, sich sehr wohl an die Eiszeit angelehnt haben kann.

Ehe wir jedoch bei der in diesem Rückblick entwickelten Auffassung stehen bleiben und dieselbe als Winke für den praktischen Waldbau benutzen dürfen, muss sie mit dem, was aus der Forschung Anderer über die einschlägigen Gegenstände hervorgegangen ist, zusammengehalten werden.

Orientirung.

Haidebildung.

In dem ersten Abschnitte dieser Abhandlung wurde der Haide und der Literatur, welche diese für unser Land so bedeutungsvolle Bildung behandelt, nur insofern Erwähnung gethan als es nöthig war, um die in den Buchenwäldern unter dem Torf auftretenden Bodenverhältnisse mit den entsprechenden der Haide vergleichen zu können; wir wollen uns deshalb hier in dem Kreise der Beobachtungen und Auffassungen, welche die Literatur über die mit der Haidebildung verwandten Erscheinungen darbietet, des näheren orientiren.

Beschaffenheit des Haidebodens. — Die Naturverhältnisse der ausgedehnten jütischen Haiden sind schon früh ein Gegenstand der Beobachtung und des Studiums gewesen und sie sind von

---

[1]) Nach einem ungedruckten Vortrage in dem „Naturhistorischen Verein“ in Kopenhagen 1879.

Pontoppidan's Atlas[1]) an bis auf unsere Zeit vielfach beschrieben worden. Das Interesse, welches man am Schlusse des vorigen Jahrhunderts den Plänen zur Bepflanzung dieser nackten Strecken mit Wald zu schenken begann, lenkte auch früh die Aufmerksamkeit der Forstleute auf dieselben, und der erste dänische Verfasser, Esaias Fleischer, welcher den Waldbau ausführlicher behandelt, übergeht auch nicht die Bodenverhältnisse der Haidestrecken.[2]) Die Verfasser des vorigen Jahrhunderts, Pontoppidan, N. Blicher[3]), Es. Fleischer u. A.[4]) haben indessen nur eine sehr oberflächliche Beschreibung des Haidebodens gegeben und sie haben keine Erklärung seiner Entstehungsart versucht. Es war die Anschauung dieser Verfasser, wenn sie sich überhaupt darüber aussprachen, dass Eisen das Bindemittel im Ortstein sei (Pontoppidan, v. Aphelen, Fleischer).

In diesem Jahrhundert dagegen ist die Kenntniss des Haidebodens viel weiter fortgeschritten. Schon 1802 gab Kapitain Selmer in seinen „Efterretninger om Ahlhedens og Randböllehedens almindelige Beskaffenhed“[5]) eine so gute Darstellung vom Haideboden, dass sie meiner Meinung nach zu den besten vorhandenen gehört. „Unter der 3—4 Zoll dicken Torferde,“ sagt er, „liegt 3—16 Zoll weisser Sand. Darauf folgt der schwarze Ortstein, der gewöhnlich zwei Zoll dick ist, und unter diesem rother Ortstein.“ „Löst man den schwarzen Ortstein in Wasser auf, so zerfällt er in feinen weissen Sand, welcher zu Boden sinkt, und in einen feinen schwarzen Stoff, der wie Torferde brennt und während des Verbrennens nach Torfrauch riecht, was zu beweisen scheint, dass der schwarze Ortstein seinen Ursprung aus dem Pflanzenreich hat, vielleicht in der Weise, dass die oberste Fläche der mit Haidekraut bewachsenen Torferde einmal von Flugsand bedeckt worden . . . . . und so im Lauf der Zeit zu dem jetzigen harten Stoff geworden ist.“ „Der rothe Ortstein findet sich in diesen Haiden niemals für sich allein, sondern immer unmittelbar unter dem schwarzen, und wo der rothe Sand der Torferde zunächst liegt, oder wo kein schwarzer Ortstein sich

---

[1]) E. Pontoppidan, Danske Atlas, 1763, Tom. I. p. 399 Anm.

[2]) E. Fleischer, Forsög til en Underviisning i det Danske og Norske Skov-Väsen; Kbhn. 1779 p. 538—540.

[3]) Topographie over Vium Prästekald, Wiborg, 1795 p. 35.

[4]) Anonymus in Oeconomisk Journal, 1758, p. 20.

[5]) Chr. Olufsen, Oeconomiske Annaler Bd. III, 1802 p. 123.

findet, ist durchaus kein Ortstein vorhanden. Daraus scheint hervorzugehen, dass der rothe Sand hier der erste oder der Grundstoff ist, und dass der rothe Ortstein vermittelst der von dem schwarzen herabsinkenden Flüssigkeiten aus demselben gebildet wird." Selmer hat also die humose Beschaffenheit der den Ortstein zusammenkittenden Bestandtheile erkannt, und ist — wenn ich nicht irre — der einzige Verfasser, welcher gesehen hat, dass er aus zwei verschiedenen Schichten bestehen kann, und welcher „der schwarzen herabsinkenden Flüssigkeit" einen Antheil an der Bildung des rothen Ortsteins zuschreibt. Aber er ist der Meinung, dass der darüber gelagerte weisse Sand von der Bedeckung einer alten Haidekruste mit Flugsand herrühre. Das scheinbar Unrichtige darin, dass der rothe Ortstein fehlt, wo kein schwarzer Ortstein vorhanden ist, verschwindet, wenn man bemerkt, dass er ausdrücklich sagt: „in diesen Haiden." Dies kann sehr wohl eine ebenso richtige Wahrnehmung sein, wie das Uebrige. Indessen scheinen Selmer's Mittheilungen später vergessen oder von nachfolgenden Untersuchern gänzlich unbeachtet gelassen zu sein.

Der angesehene Naturforscher Bredsdorff scheint die Bodenschichten der Haiden nicht näher beobachtet zu haben, aber er spricht an mehreren Stellen[1]) von der Natur und der Entstehung der Haiden. Den Ortstein hält er für einen lockeren Sandstein, in welchem Eisenoxydhydrat das Bindemittel sei, und er spricht folgende Anschauung darüber aus:[2]) „Das hydratisirte Eisenoxyd, das, mit Manganoxyd und bisweilen vielleicht mit Kohle verbunden, in den Haidegegenden den Sand zusammenklebt und den Ortstein bildet, kann möglicherweise seinen Ursprung von vegetabilischen Stoffen haben, die das Eisen im Wasser auflösen lässt, wonach sich die Flüssigkeit bis zu einer gewissen Tiefe in den Sand hinunterzieht und dort das Eisen präcipitirt. Dass die Pflanzen an der Bildung dieses Produkts Antheil haben, wird dadurch wahrscheinlich, dass diese Schichten immer der Haidekrautdecke parallel liegen und da nicht vorhanden sind, wo diese fehlt."

Bekannter als die Anschauungen dieses Verfassers über die

---

[1]) Begyndelsesgrunde af Geognosien, Kbhn. 1827, p. 170, 221. — Geognostike og mineralogiske Iagttagelser paa en Reise i Nörre-Jylland i 1823. (Tidsskr. f. Naturvid. Bd. III p. 225, 258.)

[2]) Begg. af Geogn. p. 221.

Haiden ist die Darstellung von C. Dalgas in seiner Beschreibung des Amts Ripen vom Jahre 1830.[1] Er giebt ebenfalls so wenig wie Bredsdorff eine eigentliche Schilderung von dem ursprünglichen Haideboden, erwähnt aber den Ortstein und schliesst sich in seiner Auffassung von dessen Beschaffenheit als Eisenoxydkonkretion und dessen Entstehungsweise eng an den vorigen Verfasser an. Am bekanntesten sind seine Mittheilungen über den Ortstein dadurch geworden, dass er, soviel ich weiss, die Unterscheidung in Ortsand, Ortstein und Eisenortstein, die später allgemein angenommen ist, zuerst aufgestellt hat.

Ein anderer angesehener Verfasser, G. Sarauw[2]), beschreibt gleichzeitig ein dem Haideboden ganz analoges, sehr interessantes Erdreich in dem nördlichsten Theil der Horns Harde auf Seeland. Die hier vorkommende, sogenannte „Hohlerde“ besteht aus einer bald 2—3, bald bis zu 10—12 Zoll dicken, torfartigen Masse, welche ein dichtes Gewebe von Haidekrautwurzeln enthält und auf dem flachen, niedrigen, aus gehobenen Meeresgrunde bestehenden Gelände eine 3—5 Zoll dicke Sandschicht bedeckt, die wiederum bald durch eine weiche und „nur stark gefärbte“, bald durch eine harte Ortsteinschicht vom Sande des Untergrundes getrennt wird. Es scheint, als ob sich diese Haidebildung mit normalem Humusortstein auf früheren Salzwiesen durch Hebung und Bewachsung mit Haidekraut gebildet habe. Der Name „Hohlerde“ kommt „von dem hohlen Ton, den dieselbe giebt, wenn man namentlich bei trockenem, warmem Wetter darüber hin geht, fährt oder reitet.“

Nachdem G. Forchhammer im Jahre 1835 seine Abhandlung „Danmarks geognostiske Forhold, forsaavidt som de ere afhängige af Dannelser, der ere sluttede“ herausgab, scheint die Ansicht dieses ausgezeichneten Forschers über die Ortsteinbildung in einem Menschenalter bei uns die herrschende gewesen zu sein, und er ist in dieser Zeit oftmals sowohl auf die Beschreibung des Haidebodens, als auch auf seine Erklärung seiner Entstehungsweise zurückgekommen.

Forchhammer berichtigt gleich in seiner ersten Arbeit den von Bredsdorff und Dalgas bei der Angabe der Bestandtheile des Ortsteins begangenen Fehler, indem er sagt: „das Bindemittel des Sand-

---

[1]) Bidrag til Kundskab om de danske Provindsers nuvärende Tilstand, foranstaltet ved Landhusholdningsselsk. V. Stk. Ribe Amt, 1830.

[2]) Ebenda VI Stk. Frederiksborg Amt, 1831, p. 107—109.

ortsteins ist nicht Eisen, sondern ein organischer torfartiger Stoff." Er beginnt also mit derselben Anschauung über diesen Punkt wie Selmer, ohne übrigens dieses Verfassers Erwähnung zu thun; später scheint er sich jedoch Bredsdorff etwas genähert zu haben, denn in den 1855 und 1862 erschienenen Abhandlungen[1]), äussert er, dass humussaures Eisenoxyd das Bindemittel sei, indem er hinzufügt, dass er es für sehr wahrscheinlich halte, „dass eine gewisse Menge Eisenoxyd nöthig sei, um die humosen Stoffe zusammenzuhalten"[2]), und dass „der Sandortstein von dem eisenhaltigen Sand, auf welchem er ruht, nur insofern verschieden ist, als er eine braune, torfähnliche Substanz, Humussäure, als Bindemittel enthält, die mit dem Eisen zu einer Art Salz, dem humussauren Eisenoxyd, welches die Sandkörner und kleinen Steine zusammenbindet, in Verbindung getreten ist."[3])

Forchhammer giebt ferner in allen diesen Abhandlungen eine getreue Darstellung der verschiedenen Schichten des Haidebodens, doch nennt er nirgends die beiden Partien des Ortsteins (die schwarze und die rothe), welche Selmer bemerkt hatte. In seiner Terminologie weicht er in einem Punkte, wie uns scheint, nicht besonders glücklich von seinen Vorgängern ab, indem er mit „Maar" die unter der Haidekruste liegende Partie des Haidebodens bezeichnet, welche im Wesentlichsten aus einem mit humosen Stoffen stark vermischten und mit Haidekrautwurzeln[4]) durchwebten Sande besteht, während sowohl Selmer, als auch C. Dalgas und Bredsdorff die Haidekruste selber, welche von den Haidebewohnern abgeschält und als Feuerung benutzt wird, durch „Maar" bezeichnen, wie dies auch von dem Verfasser der vorliegenden Schrift geschehen

---

[1]) De jydske Heder (Steenstrup, Dansk Maanedsskrift, Bd. I 1885); Barth, om de Danske Heder og deres Dannelse (Nordisk Universitets-Tidssk. Aarg. III 1857); Bidrag til Skildringen af Danmarks geographiske Forhold i deres Afhängighed af Landets indre geognostiske Bygning, Kbhn. 1858 (Universitätsprogramm, s. p. 48); Den jydske Hedeslettes physiske og geognostiske Forhold (Tidsskr. f. Landökonomi III R. Bd. IX 1861); Ahlformationen og Campinesandet (Overs. o. kgl. d. Videnskabernes Selskabs Forh. 1862).

[2]) Barth, a. a. O. p. 81. Anm.

[3]) Johnstrup, Almenfattelige Afhandlinger og Foredrag af J. G. Forchhammer, Kbhn. 1869, p. 215.

[4]) S. z. B. die Figur S. 158 in der Abhandlung „Ahlformationen og Campinesandet".

ist. E. Dalgas, der in seiner ersten Arbeit über die Haide sich in mehreren Punkten ganz an Forchhammer anschliesst, benutzt hier auch seine Benennungen der Schichten des Haidebodens.[1])

Die unter den grossen Haidestrecken Dänemarks, Norddeutschlands, Hollands und Belgiens oder in den Sandstrecken dieser Gegenden abgelagerte humose Schicht hat Forchhammer besonders zum Gegenstande seiner Untersuchungen gemacht und mit Bezug auf dieselbe seine Theorie von der „Ortsteinformation" aufgestellt. Aber ausser dieser werden in einigen gleichzeitigen Schriften[2]) andere Ortsteinbildungen erwähnt, für welche die von C. Dalgas gewählten Bezeichnungen angewandt werden, unter Beifügung einer klaren und treffenden Definition, die, wie ich vermuthe, von Forchhammer herrührt, ohne dass ich dies jedoch irgendwo ausdrücklich angeführt gesehen hätte. Es heisst nämlich in den beiden in vorstehenden Anmerkungen angeführten Schriften folgendermassen: „In Jütland nennt man im täglichen Leben jede braune Steinart, welche in zusammenhängenden Schichten von grösserer oder geringerer Ausdehnung vorkommt, „Ahl" (Ortstein). Dabei ist jedoch zu bemerken, dass es drei Arten von Ortstein giebt, deren Eigenschaften sehr verschieden sind, nämlich 1) Eisenortstein (Raseneisenstein), der nur in Mooren und Wiesen vorkommt und so eisenhaltig ist, dass er zur Eisengewinnung benutzt werden kann. 2) Der eigentliche Ortstein, der glücklicherweise niemals über grosse Strecken verbreitet ist, und der aus Sand und kleinen Steinen besteht, die durch ein braunes eisenhaltiges Bindemittel zu einem sehr festen Stein, der an der Luft nicht zerfällt, verbunden sind. Diese Art des Ortsteins findet sich in der Regel dicht unter der Erdkruste in Schichten von 6—12″ Mächtigkeit, und ist demnach aller Vegetation äusserst verderblich. 3) Sandortstein oder Ortsand, ein feiner Sand, der durch ein torfartiges Bindemittel zu einem lockeren, in der Regel nur in ganz dünnen, meistens 6—10″ mächtigen Schichten vorkommenden Sandstein verbunden wird, welcher an der Luft zerfällt, und aufgelöst wird, wenn man die Strecke, worunter er liegt, mit Mergel befährt; oftmals lässt er sich sogar mit dem Spaten durchstechen. Diese letztere Art Ortstein kommt im westlichen Theil der Halbinsel auf

[1]) E. Dalgas, En Oversigt over Hederne i Jylland, Aarhus 1866, p. 13.

[2]) Bergsöe, C. D. F. Reventlow's Virksomhed u. s. w. Kbhn. 1837 Bd. II p. 11 Anm.; Bergsöe, Den Danske Stats Statistik, Bd. I, 1843, p. 131. Anm.

sehr weiten Strecken vor." In Forchhammer's unter seinem eigenen Namen erschienenen Schriften werden die beiden erstgenannten Ortsteinarten meines Wissens nicht erwähnt und seine Definition des Sandortsteins weicht, wie oben bemerkt, von der hier angeführten darin ab, dass er in allen späteren Arbeiten das Eisen in Verbindung mit den Humussäuren als das Bindemittel bezeichnet.

Forchhammer hielt bekanntlich diesen Sandortstein, welcher das wesentlichste Glied seiner „Ortsteinformation" ausmachte, für eine abgeschlossene Bildung: „nirgends finden wir einen Sandstein mit humussaurem Eisen als Bindemittel und von weissem ausgewaschenem Quarzsand bedeckt, als eine noch fortdauernde Bildung."[1]) „Die Ortsteinschicht verdankt ihre Entstehung einer Wasserbedeckung, wodurch eine Menge früher gebildeter Torfmoore zerstört wurden, die ausgeschwemmte Torfmasse mit dem Eisen der Unterschicht in Verbindung trat und das Bindemittel des Ortsteins bildete."[2]) Indessen scheint Forchhammer anderen Ansichten nicht ganz unzugänglich zu sein. „Es könnte zweifelhaft sein," schreibt er[3]), „ob die Ortsteinschicht von dieser Wasserbedeckung herrührt, und ob der Humus, welcher jetzt zusammen mit dem Eisen das Charakteristische des Ortsteins ausmacht, nicht von der Pflanzendecke herrührt, welche sich jetzt auf der Haide befindet und deren organische, in Wasser aufgelöste Reste durch den weissen Sand, der sie nicht binden kann, zu dem eisenhaltigen Sand hinab gedrungen sind, wo sie vermöge chemischer Anziehungen zurückgehalten werden." Diese Anschauung verwirft er indessen wieder aus verschiedenen Gründen, namentlich weil er im Ortstein Holzkohlen gefunden hat, deren Vorhandensein er sich nicht zu erklären vermag, wenn diese Bildung nicht durch Zerstörung von Torfmooren hervorgerufen ist, und in seinen späteren Arbeiten kommt er meines Wissens nicht wieder auf diese, seiner Meinung nach unhaltbare Ansicht zurück. — Ueber den Ursprung der Beschaffenheit der über dem Ortstein vorkommenden Erdschichten spricht sich Forchhammer, soviel ich weiss, nur in einer deutschen Abhandlung aus dem Jahre 1847 folgendermassen aus: „Man erkennt deutlich, dass die während Jahrtausenden sich immer mit jedem Jahre erneuernde Humussäure der Haiden die Spuren der

---

[1]) Ahlformationen og Campinesandet, a. a. O. p. 159.

[2]) Barth, a. a. O. p. 81.

[3]) Steenstrup's Maanedsskr. (S. Johnstrup, Almenfattelige Afh. p. 216).

befruchtenden Theile, welche der Wellenschlag im Sande gelassen, aufgelöst und fortgeführt hat."[1])

In dem Menschenalter, in welchem Forchhammer mit seiner grossen Autorität die Ansichten über die geognostischen Verhältnisse Dänemarks beherrschte, trat nur der Norweger Barth mit einer abweichenden Meinung über den Boden der dänischen Haiden auf. In seiner grossen Abhandlung in der Nordischen Universitätszeitschrift[2]) versuchte er im Jahre 1855 die Ansichten der norddeutschen Forstmänner und Geologen über die Haidebildung auf die jütischen Verhältnisse anzuwenden. Er hob die humose Beschaffenheit des Bindemittels im Ortstein — im Gegensatz zu den Ansichten der meisten Deutschen — hervor, hielt die Bleisandschicht für eine vom Winde verursachte Versandung einer alten Humusschicht, die dann im Laufe der Zeit in Ortstein verwandelt worden, und verfocht die Ansicht, dass die Haidebildung eine Folge der rücksichtslosen Waldverwüstung sei.

Nach Forchhammer's Tode scheint die Theorie dieses Verfassers über die Ortsteinbildung keinen Anklang mehr gefunden zu haben. F. Johnstrup nimmt schon in der Denkschrift auf Forchhammer[3]) ausdrücklich davon Abstand und kommt, wo Gelegenheit dazu vorhanden wäre, nicht wieder auf diese nach Forchhammer's Meinung abgeschlossene Bildung zurück.[4]) In seinen vortrefflichen „Billeder fra Heden" und an anderen Orten[5]) hat E. Dalgas, wie später auch Hoff[6]) und Johnstrup, sich der von Forchhammer verworfenen Theorie, dass der Sandortstein ein Produkt der Haidekrautvegetation und der Abfallreste derselben sei, angeschlossen, diese Verfasser liefern aber keinen wesentlich neuen Beitrag zur Beleuchtung der Entwickelung des charakteristischen Haidebodens, sondern es wird immer die von C. Dalgas ursprünglich aufgestellte Eintheilung des

---

[1]) Festgabe für die Mitglieder der XI. Versammlung deutscher Land- und Forstwirthe, Altona, 1847, p. 340.

[2]) Bd. I und II.

[3]) Forchhammer's Almenfattelige Afhandl. p. 207. Anm.

[4]) Den 11. danske Landmandsforsamling, p. 301 ff.; den 13. danske Landmandsforsamling, p. 155 ff.; Danmarks Statistisk, Bd. I, p. 80 ff.

[5]) Oversigt over Hederne i Jylland, Aarhus 1866, p. 13; Geografiske Billeder fra Heden, Kbhn. 1867, p. 32—36; Möller-Holst, Landbrugsordbog, Bd. III p. 57.

[6]) Landbrugsordbog, Bd. I p. 50—51.

Ortsteins in drei Klassen, zum Theil mit den erst 1837 in Bergsöe's „Reventlow's Levnet" angeführten Definitionen, benutzt.

Wir waren im Vorstehenden bemüht, womöglich Alles zu sammeln, was in unserer Literatur über die Verhältnisse, mit denen wir uns beschäftigen, erschienen ist, soweit es das Gepräge originaler Beobachtung trägt, theils um die Orientirung so umfassend zu machen, wie es wünschenswerth war, theils weil die allgemeine Vorstellung über diese Bodenverhältnisse oft den Eindruck macht, als fehle es an genügender Kenntniss dessen, was von früheren Verfassern in dieser Beziehung geleistet worden.

Bezüglich des im Auslande erschienenen Theils der Literatur dürfen wir keine so vollständige Uebersicht zu geben hoffen. Es ist nämlich wahrscheinlich, dass hin und wider gute Beobachtungen[1]) oder richtige Ansichten in wenig bekannten Lokalschriften, die nicht zu beschaffen waren, veröffentlicht sind, und wir haben uns hauptsächlich an das, was in zugänglicheren Handbüchern oder in grösseren, allgemein benutzten Werken vorliegt, halten müssen.

In der deutschen Literatur[2]) dienen bekanntlich Senft's Arbeiten[3]) vorzugsweise als Quelle für die Kenntniss der hier besprochenen Bildungen. Diesem Verfasser zufolge ist das Eisenoxydhydrat das Hauptbindemittel in allen Ortsteinbildungen, und diese werden deshalb alle zu den „Limoniten" gerechnet; er hat demnach die wesentlichste Beschaffenheit des Humusortsteins übersehen. Die Ortsteinformen, die uns hier am meisten interessiren, unser Humusortstein, C. Dalgas' und Forchhammer's Sandortstein, Senft's Ortstein oder Ortsand mit dazu gehörigen Bleisandschichten, werden der Hauptsache nach richtig beschrieben, und er ist der Meinung, dass das Eisen, welches nach ihm den Sand des Ortsteins verbinden

---

[1]) S. z. B. Barth's Erwähnung von v. Honstedt's Beobachtungen (Nord. Univ. Tidsskr. Bd. II p. 6).

[2]) In der französischen und belgischen Literatur habe ich zur Beleuchtung der hier besprochenen Erscheinungen keinen Beitrag finden können, der dazu geeignet wäre, mit den in den anderen hier angeführten Arbeiten mitgetheilten Ansichten über den Haideortstein zusammengestellt zu werden. Die älteren, von Forchhammer genannten belgischen Verfasser, wie Dumont und Dewael, scheinen in ihrer Auffassung vom Ortstein zunächst mit Forchhammer übereinzustimmen.

[3]) Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen, Leipzig 1862; Steinschutt und Erdboden, Berlin 1867.

sollte, von den darüber liegenden Schichten herrühre, aus welchen es als auflösliches kohlensaures und gerbsaures Eisenoxydul[1]), das wiederum in tieferen Schichten zu Eisenoxyd oxydirt, ausgewaschen sei.

Eine schärfere Auffassung von der wesentlichen Beschaffenheit des Humusortsteins finden wir bei Burckhardt[2]) und J. Wessely[3]), welche eine der Forchhammerschen entsprechende Definition der zusammenhängenden Ortsteinschichten der Haiden geben, nämlich als der Form von Ortstein, in welcher Humusstoffe mit 1—2 Procent Eisen das Bindemittel ist. Sie halten beide diese Ortsteinform für eine Bildung der Jetztzeit, und heben hervor, dass man im Ganzen nur wenig darüber wisse. Die von diesen Verfassern angeführten Beobachtungen zeugen allerdings von einer ziemlich geringen Kenntniss von dem Auftreten der in Rede stehenden Schichten; so meint Wessely, dass der Ortstein „häufig oder vielmehr in der Regel“ durch Versandung einer alten Haidekruste entstanden sei. Schütze[4]) bestätigte durch seine Analysen die Richtigkeit der Auffassung der beiden genannten Verfasser von den zusammenkittenden Elementen des Ortsteins.

Ein viel umfassenderes Studium über die Haidebildung als die übrigen deutschen Verfasser hat Emeis ausgeführt, und in seinen verschiedenen Mittheilungen[5]) eine Reihe sehr hübscher Beobachtungen über den Haideboden und die sich daran knüpfenden Erscheinungen veröffentlicht. Er betont, dass der Ortstein sowohl Eisenoxyd als auch Humusstoffe zum Bindemittel haben kann, dass die in diesen Schichten vorkommenden Humussäuren von der Torfschicht auf der Oberfläche der Erde herrühren, auf welcher sich namentlich aus klimatischen Ursachen eine Art Versumpfung bilde, und dass

---

[1]) Humus-, Marsch- u. s. w. p. 189—195. Die Lagerungsverhältnisse, welche Senft für seine Limonitbildungen anführt, beziehen sich offenbar namentlich auf den Raseneisenstein und nicht auf unseren Humusortstein, obgleich sich diese beiden bei ihm schwer unterscheiden lassen. Dasselbe gilt von Girard und einigen anderen in dieser Literaturübersicht nicht angeführten Verfassern.

[2]) Burckhardt, Säen und Pflanzen, Hannover 1870, p. 296.

[3]) J. Wessely, Der Flugsand und seine Kultur, Wien 1873, p. 87—92.

[4]) Schütze, Die Zusammensetzung des Ortsteins (Danckelmann's Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. Bd. VI, 1874, p. 190).

[5]) Waldbauliche Forschungen und Betrachtungen, Berlin 1875; Vereinsbl. d. Haide-Kultur-Vereins für Schlesw.-Holst., 1876—1883, bes. 1878 No. 8, 1883 No. 2; Beilage z. Vereinsbl. d. Haide-C.-V. u. s. w. April 1881. Allg. Forst- u. Jagdz. 1878, 79, 80, 83.

die Humussäuren mit dem Regenwasser durch den Bleisand, vermöge seines geringen Gehalts an basischen Elementen, hindurch geführt werden. Er sieht in der Ortsteinbildung eine Konkretionserscheinung und unterscheidet nicht klar zwischen den sehr verschiedenen Formen, die zum Begriff „Ortstein“ gerechnet worden sind. Die Bildung des Bleisandes schreibt er einer theils in der Humusschicht, theils unter dem Einfluss der lebenden Vegetation sich vollziehenden „Verkieselung“ oder „Neuquarzbildung“ zu, worunter er eine Bildung sowohl von feinem Kieselmehl, als auch von grösseren Quarzkrystallen und chalcedonartigen Quarzkörnern versteht; indem diese Quarzmassen unmittelbar unter der Vegetationsdecke gelagert sind, bilden sie die regelmässig auftretende Bleisandschicht. Emeis' Beobachtungen sind, wie in meiner früheren Arbeit angeführt, deshalb auch von Interesse, weil er vielleicht[1]) der erste ist, der gezeigt hat, dass Bleisand und Ortstein nicht allein unter einer Haidekrautvegetation vorkommen, sondern auch in Buchenwäldern auftreten können.

Ohne von Emeis' Arbeit Kenntniss zu haben, hat der hannöversche Forstmann Biedermann[2]), wesentlich gestützt auf Schütze's Analysen, eine Beschreibung von den Ortsteinbildungen seiner Gegend gegeben. Er betont stark, im Gegensatz zu Emeis, den Unterschied zwischen Raseneisenstein und Ortstein und giebt die Zusammensetzung dieser Massen richtig an, aber er hat den in den Haiden vorkommenden Limonitsandstein, mit Eisenoxyd zum Bindemittel, welcher gerade zu den Verwechslungen Anlass gegeben hat, übersehen. Der Ortstein kommt seiner Meinung nach nur im Sandboden, der längere Zeit mit einer Haidekrautvegetation bedeckt war, vor; er meint, dass der Ortstein fehle, sobald der Boden lehmig sei. Die Ortsteinschicht folgt der Gestaltung des Terrains, findet sich sowohl in Hügeln als auch in Thälern und soll namentlich durch Hinabschlämmung von Humusstaub aus der Oberfläche entstanden sein. Obgleich seine Aeusserung darüber nicht ganz klar ist, meint er doch, dass „die Humusstoffe, welche den Obergrund durchwandert,

---

[1]) S. nämlich Forchhammer's Citat der Aeusserungen Mühry's (Barth, om de danske Heder, a. a. O. p. 83); Mühry's Vortrag selbst bei der Versammlung deutscher Land- und Forstwirthe in Hannover 1852 ist mir nicht zugänglich gewesen.

[2]) Biedermann, Ortstein und Raseneiseisenstein (B. Danckelmann, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen Bd. VIII, Berlin 1876 p. 80).

etwas von dem Eisen desselben mit sich nach dem Ortstein geführt haben, wo es zur Bindung desselben beitrage."

Ich habe über die hier besprochenen Bodenbildungen, bezüglich ihres Vorkommens auf anderen Oertlichkeiten als in den Haiden, nur sehr wenige Aufzeichnungen in der Literatur gefunden. Abgesehen von Emeis' oft berührter Beobachtung von dem Auftreten dieser Schichten in Buchenwäldern, kann ich nur v. Purkyné's[1]) kurze, aber interessante Mittheilung über das Vorkommen von Ortstein in böhmischen Kiefernwäldern anführen. Unter einer Torfschicht, die hauptsächlich aus Abfallresten des Kiefernwaldes bestand, fand er eine ausgeprägte Bildung von Bleisand und Ortstein, und der alte Kiefernbestand zeigte unzweifelhaft, dass sich die ganze Schicht während seiner Existenz wahrscheinlich in weniger als 100 Jahren entwickelt habe. Dies bildet also ein vollkommenes Analogon zu meiner früher mitgetheilten Wahrnehmung, die ich im Buchenwalde an gewissen Stellen im Teglstruper Gehege gemacht hatte, und v. Purkyné liefert also noch eine Vegetationsform zu der Reihe derjenigen, welche Torf mit Bleisand und Ortstein bilden können.[2])

Es ergiebt sich aus dieser kurzen Zusammenstellung dessen, was unsere eigene, und des Wichtigsten, was die fremde Literatur zur Kenntniss der Beschaffenheit des Humusortsteins geliefert hat, dass alle wesentlichen Züge im Bau des Haidebodens schon früher vielfach richtig dargestellt worden sind. Dabei wird man jedoch ohne Zweifel einräumen, dass dieser an und für sich einfachen Bildung, welche in Nordeuropa eine sehr grosse Rolle spielt, keine so erschöpfende Untersuchung zu Theil geworden ist, dass man als unumstösslich betrachten könnte, was im Laufe der letzten 80 Jahre von einer Reihe von Verfassern, wie Selmer, Forchhammer, Barth, Burckhardt, Berendt und Schütze angeführt worden ist, nämlich dass das Zusammenkittungsmaterial dieser Ortsteinform in Humusstoff und humosen Verbindungen besteht. Der Rolle des Eisenoxyds im Humusortstein ist zugleich von diesen Verfassern, wie z. B. von Forchhammer, eine verschiedene und unsichere Bedeutung beigelegt

---

[1]) Ueber neuerdings durch Verheidung entstandene Ortsteinbildung (Vereinsschrift des böhmischen Forstvereins, citirt nach Vereinsblatt des Haide-Cultur-Vereins für Schleswig-Holstein, 1879, p. 202—215).

[2]) Vergl. S. 161.

worden, so dass die Ansicht, als wäre der Humusortstein für einen Eisensandstein (Limonitsandstein) anzusehen, immer wieder hat auftauchen können.

Dagegen sind die Lagerungsverhältnisse und das Vorkommen dieser Ortsteinform schwerlich jemals klar dargestellt worden, was in unseren Augen die hauptsächlichste Ursache der sich gegenseitig widersprechenden und wenig befriedigenden Erklärungen über die Entstehungsweise der Schicht ist. Dass sie in ihren verschiedenen Spielarten in fast allen Bodenarten alluvialer und diluvialer Bildungen, von dem groben, thonarmen Sande bis zu unserem gewöhnlichen, sandigen Lehm, ja sogar bis zu den plastischen, glimmerhaltigen Thonarten der Braunkohlenformation auftreten kann, dass sie in ihrem Vorkommen unzertrennlich an eine bestimmte Humusform, dem auf dem Trockenen gebildeten Torf, geknüpft ist, so dass sie da fehlt, wo sich eine andere Humusart (Mull) oder wo sich durchaus keine Humusdecke auf dem Boden befindet, und dass sich endlich zwischen der Torfschicht und dem Humusortstein stets eine ausgewaschene entfärbte Erdschicht, welche keine Säure zu absorbiren vermag, befindet — diese Verhältnisse sind zum Theil unbeachtet geblieben, obgleich einzelne Verfasser, wie Forchhammer und Emeis, durch ihre ganze Darstellung zeigen, dass eine klare Feststellung der meisten dieser Momente ihnen nicht fern gelegen hat. Aber andererseits findet sich in der vorliegenden Literatur nichts, was die Richtigkeit dieser Sätze zweifelhaft machen könnte.

Bildung des Haidebodens. — Von den verschiedenen Ansichten über den Ursprung des Bleisandes ist die zuerst von Selmer, später von Barth, zum Theil auch von Wessely aufgestellte Theorie, wonach die über dem Humusortstein gelagerte weissgraue Sandschicht durch eine Bedeckung alten Haidebodens mit Flugsand entstanden sei, schon von Forchhammer[1]) mit gewichtigen Gründen widerlegt worden. Er macht darauf aufmerksam, dass der Sand, wenn er zur Ruhe kommt, nachdem er vom Winde umhergewirbelt ist, sich niemals in so gleichförmigen Schichten von gleicher Dicke lagert, wie sie beim Bleisande vorkommen, und ein Jeder, der die Flugsandbildungen längs den Küsten und in sogenannten „Binnensanden" („Indsande") kennt, wird sich dieser Begründung der Forch-

---

[1]) Barth, om de danske Heder og deres Dannelse, a. a. O. p. 78.

hammerschen Widerlegung anschliessen. Den oben angeführten Wahrnehmungen können aber andere, ebenso gewichtige Beweisgründe gegen die Eigenschaft des Bleisandes als Flugsand entnommen werden. Wir haben nämlich gesehen, dass die über alter Haide gelagerten Sanddünen nicht die mindeste Aehnlichkeit mit Bleisand haben, bevor sich in der zusammengewehten Schicht neuer Ortstein unter einer neuen Torfschicht bildet, und endlich zeigt das Auftreten des Bleisandes in Wäldern auf dem verschiedensten Boden und unter den mannigfachsten örtlichen Verschiedenheiten gleichfalls mit genügender Klarheit die Unhaltbarkeit der erwähnten Ansicht.

Gegen Forchhammers Theorie, dass die über dem Ortstein liegenden Sandschichten (von ihm als „Stubensand“ bezeichnet) in ruhigen Binnengewässern oder Meerbusen[1]) abgelagert, und dass sie der Sandmarsch analog seien, lässt sich wohl nichts Wesentliches einwenden, so lange man nur die fertige Bildung in den ortsteinführenden, vollständig flachen Haideebenen betrachtet. Allein die oft ebenso gleichförmigen Bleisandschichten in dem coupirten Hügellande lassen sich auf diese Weise ebenso wenig erklären, wie die von mehreren Verfassern angeführte Thatsache, dass Bleisand bisweilen die Hünengräber der Vorzeit bedeckt, oder unsere Nachweisung mehrerer abwechselnden Schichten von Bleisand und Ortstein in den Dünenpartien. Es wäre dann auch unbegreiflich, wie auf solchen kleinen Flecken in den Haiden wie die von einem Gebüsch bedeckten, sowohl Bleisand als Ortstein fehlen können, und es würde sich die Uebereinstimmung zwischen Forchhammer's Stubensand in den Haiden und den durchaus analogen Bleisandschichten in Buchenwäldern auf dem Geschiebelehm schwer erklären lassen. Forchhammer's ausdrückliche Behauptungen, dass niemals mehr als eine Ortsteinschicht vorkomme, und dass die ortsteinfreien Partien mit Eichengestrüpp Hügel[2]) seien, die zu der Zeit, wo sich der weisse Sand ablagerte, über der Wasserfläche hervorragten, zeigen zur Genüge, dass er keine Gelegenheit hatte, seine Beobachtungen auf solchen Oertlichkeiten, welche zur Berichtigung seiner Auffassung hätten dienen können, anzustellen.

Was endlich Emeis' Verkieselungstheorie betrifft, so hat sie

---

[1]) Forchhammer, om Ahlformationen og Campinesandet a. a. O. p. 159. — Barth, om de danske Heder, a. a. O. p. 80.

[2]) S. z. B. Barth, om de danske Heder, a. a. O. p. 82.

unter Geologen und Chemikern sowohl scharfen Widerspruch[1]), als auch Anklang[2]), oder doch wenigstens vorläufige Anerkennung[3]) gefunden. Namentlich haben Bischof's Ansichten über die Bildung von Quarzschichten oder vielmehr von Schichten unauflöslicher Kieselsäure unter der Vegetationsdecke auf Wiesen[4]) zur Stütze der von Emeis aufgestellten Theorie beigetragen. Dabei ist jedoch zu bemerken, dass Bischof meines Erachtens keine einzige Beobachtung solcher mächtigen Kieselschichten, welche „in 78,705 Jahren" die Dicke von 1 Fuss erreichen sollten, anführt, sondern nur, wo er diese Sache behandelt, eine kühne Hypothese aufstellt, die nicht als Ausgangspunkt für neue Hypothesen gebraucht werden kann.

Gegenüber der Verkieselungstheorie muss man bestimmt den Werth der Resultate festhalten, welche sich mit Hilfe des Mikroskops aus einem Vergleich zwischen dem Bleisande und dem Untergrunde ableiten lassen. Wie schon früher bemerkt[5]), zeigt das Skelett dieser Erdschichten, selbst in seinen feinsten Elementen, wie z. B. durch die fast mikroskopisch kleinen Glimmerblättchen, welche an vielen Stellen im Haidesande[6]) vorkommen, dass Bleisand und Untergrund aus denselben Elementen bestehen, von denen nur das Eisenoxyd und andere Theile der Feinerde, die durch das Wasser fortgeführt werden können, verschwunden sind. Sowohl die Grösse als die mineralogische Beschaffenheit des Korns ist ganz dieselbe im Bleisand wie im Untergrund, was später auch durch die Untersuchungen Anderer[7]) festgestellt ist. Aber auch die Lagerungsweise des Bleisandes lässt sich durch Emeis' Theorie nicht erklären, nament-

---

[1]) W. Daube, Das naturgemässe Zurückweichen des Waldes in Schleswig-Holstein (Borggreve, Forstliche Blätter, 1881; die naturwissenschaftlichen Hypothesen des Herrn Oberförsters Emeis (ibidem 1882).

[2]) Breitenlohner im Centralblatt für das gesammte Forstw. 1876. Auch Jentzsch soll in den „forstlichen Blättern" für 1882, die ich nicht habe beschaffen können, Emeis' Auffassung unterstützt haben.

[3]) R. Weber in der Allgem. Forst- und Jagdzeitung, 1877, p. 119.

[4]) Bischof, Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, Bd. II, 1855, p. 891 und 1323.

[5]) Vergl. 1. Abtheilung p. 74.

[6]) Tuxen, Nogle Analyser af jydsk Hedejord (Tidsskr. f. Skovbr. Bd. I p. 267 ff.).

[7]) v. Purkyné (s. Vereinsblatt des Haide-Kultur-Vereins für Schlesw.-Holst. 1879 No. 12, p. 203—204).

lich nicht das Aussehen des in Fig. 14 (S. 144) dargestellten Erdprofils mit einem Eichengebüsch, ebensowenig wie sein allmähliches Entstehen in Buchenwäldern, sobald Mull und Graswuchs verschwinden oder bedeutend beschränkt werden, also gerade die Faktoren, welche die Quarzbildung besonders befördern sollten, an Bedeutung verlieren. Wir brauchen deshalb in dem heftigen Streit über die Möglichkeit der Bildung von Quarzkörnern, in der von Emeis zum Theil in Uebereinstimmung mit Bischof angegebenen Weise, durchaus nicht Partei zu ergreifen, um die Auffassung des genannten unermüdlichen Forschers und scharfen Beobachters über die Natur des Bleisandes zu widerlegen. Die Quarzbildung selber liegt ausserhalb des Gebiets unserer Untersuchung, und eine nähere Betrachtung des Korns des Bleisandes muss genügenden Aufschluss darüber geben, dass der Bleisand kein „Neuquarz“ ist, was allerdings nicht ausschliesst, dass derselbe verschiedene Formen unlöslicher Kieselsäure enthalten kann, welche früher in löslicher Form im Boden und in der Vegetation vorhanden waren; aber diese Eigenschaft hat der Bleisand dann wahrscheinlich mit dem Mullboden, wenigstens mit dem mullartigen Haideboden, wo keine Bleisandschicht sichtbar ist, gemein, obgleich der Sandmull in den Haiden unter derselben Exposition, demselben Abstand vom Grundwasser und anderen örtlichen Verhältnissen wie die torfbekleidete und bleisandführende Oberfläche vorkommt.

Die dem Bleisand charakteristische Mischung mit Humuspartikeln, die an feuchteren Stellen in dem groben Sande sich zu torfartigen Schichten auf dem Boden des Obergrundes ansammeln können, und die nach den oben mitgetheilten Beobachtungen hauptsächlich für hinabgeschwemmte Theile des Torfs anzusehen sind, hätten nach Daube einen ganz anderen Ursprung.[1]) Er rechnet nämlich die in Rede stehende Schicht zu dem Altalluvium der deutschen Geologen; in der aus dieser Bildung bestehenden Erdkruste soll ein Sand vorkommen, der in den obersten 4—6 Decimetern von einer äusserst geringen Menge Humusstaub gefärbt ist, welche nach Berendt[2]) nicht von der jetzigen Vegetation herrührt, sondern einen ursprünglichen Bestandtheil des Alluvialsandes, als dieser abgelagert wurde, aus-

---

[1]) A. a. O. p. 18.

[2]) Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preussen. Gradabth. 44 No. 16, Berlin 1878, p. 7 u. a. mehr. St.

machte. Allein da die oben angeführten Beobachtungen zeigen, wie sich der Bleisand mit seiner humosen Einmischung aus dem Mull entwickelt hat, und da sich kaum ein Einwand gegen die Bedeutung des Schlämmungsaktes für die Lagerung des Humusstaubs in dem groben Sande erheben lässt, so muss entweder die von Daube gezogene Parallele oder Berendt's Erklärung unanwendbar sein. So viel steht jedenfalls fest, dass weissgraue Sandschichten mit Humusstaub an vielen Stellen vorkommen, wo sie dem Altalluvium der Deutschen nicht analog sein können.

Obwohl Forchhammer im Bleisande eine vom Wasser besonders abgelagerte Schicht sieht, und obwohl Emeis seine Neuquarztheorie zu Hilfe ruft, um dessen Bildung zu begreifen, so betonen doch beide Verfasser — Emeis allerdings in einer etwas zu allgemeinen Form — die Bedeutung der Auswaschung für die ganze Beschaffenheit[1]) des Bleisandes. Diese Auffassung widerlegt Daube[2]) mit Hinweis auf den genugsam bekannten Einfluss des Absorptionsvermögens und bemerkt gegen Emeis, dass, wenn seine Anschauungen richtig wären, alles Waldland zu Haiden hätte werden müssen, da sie alle in gleichem Grade der Auswaschung ausgesetzt sind. Diese Betrachtung würde zum Theil richtig sein, wenn nicht, wie durch die oben mitgetheilten Beobachtungen dargethan ist, die Torfbildung gerade bewirkte, dass die oberste Bodenschicht theilweise oder fast vollständig ihr Absorptionsvermögen verliert; dasselbe schwindet im mageren Sandboden mit der Auswaschung des Eisens.

Was nun die Ansichten über die Entstehungsweise des Ortsteins betrifft, so wollen wir bei Forchhammer's darüber aufgestellter Theorie, die später schwerlich von einem dänischen Geognosten[3]) aufgenommen ist, nicht mehr verweilen. Die Auffassung dieses hochverdienten Forschers über die Ortsteinformation beruhte auf einem

---

[1]) Fochhammer, Festgabe f. d. Mitgl. u. s. w. p. 340; Barth, om de danske Heder, a. a. O. p. 79. Emeis, Waldbauliche Forschungen, p. 5—7, 47.

[2]) A. a. O. p. 2—5.

[3]) Nach Daube's Ausspruch (a. a. O. p. 18) „die neueste geologische Forschung habe festgestellt, dass der Ortstein dem Alt-Alluvium angehört und ein charakteristischer Begleiter dieser Bildung ist," sollte man glauben, dass Forchhammer's Auffassung noch von dem Geologen, auf den Daube hinweist, getheilt werde. Wenn man aber seine Citate (von Berendt, Die Umgegend von Berlin, I, der Nordwesten Berlins, Berlin 1877, p. 14) nachsieht, so wird

zu beschränkten Untersuchungsmaterial, und es geht sowohl aus den oben angeführten, als auch aus älteren Beobachtungen hervor, dass der Humusortstein der Haiden (Forchhammer's Sandortstein) eine Bildung der Jetztzeit ist, die sich noch immer fortsetzt — wodurch seine Ansichten genügend widerlegt sind. Es soll hier nur noch bemerkt werden — weil es schwerlich früher geschehen ist — dass Forchhammer's Fund von Holzkohlen im Ortstein[1]) — welcher ihn namentlich zu seiner Theorie über die Ortsteinformationen brachte — sich jetzt, nachdem wir die Thätigkeit der Regenwürmer kennen gelernt haben, ohne die mindeste Schwierigkeit erklären lässt. Man begreift diesen Fund sofort, wenn man sich an Wedgewood's und Darwin's[2]) alte Mittheilungen erinnert, dass Kohlen u. dergl., die oben auf der Erde gelegen haben, allmählich in dieselbe hinabsinken, indem sie unter den Exkrementen der Regenwürmer begraben werden.

Mit den Beweisen gegen die Ansicht, dass der Bleisand Flugsand sei, welcher alten Haidekrauttorf bedeckt habe, fällt auch Selmer's und seiner Meinungsgenossen Erklärung des Ortsteins, als einer alten Humusschicht, welche unter einer darüberliegenden Sandschicht umgebildet sei. Sollte indessen Jemand noch eine Vermuthung über die Zulässigkeit dieser Anschauung hegen, so wird erstens eine Untersuchung des Ortsteins selbst eine solche Annahme unbedingt verwerflich erscheinen lassen, und zweitens werden auch die auf Taf. III in den Fig. 6 und 7 abgebildeten Profilen die Unrichtigkeit derselben darthun. Hier haben wir nämlich wirklich eine versandete Haidekruste, welche, wie aus den Figuren ersichtlich, von dem normalen Humusortstein der Haiden grundverschieden ist.

Unsere ganze Untersuchung bestätigt die Anschauungen von Johnstrup, E. Dalgas und Hoff über die Entstehung des Ortsteins in ihren Hauptzügen. Auch Senft's Erklärung der Entstehungsweise

---

man erkennen, dass dies auf einem Missverständniss des Ausdrucks „Haidesand“ beruht. Wo Berendt später (z. B. p. 46) die unserem Humusortstein entsprechende Fuchserde erwähnt, giebt er keinen Aufschluss über ihren Ursprung, sondern macht nur einige Bemerkungen über ihr Vorkommen.

[1]) Ahlformationen u. s. w. a. a. O. p. 158. Barth, om de jydske Heder, a. a. O. p. 81 u. a. m.

[2]) Darwin, On the formation of mould (Transact. of the geolog. soc. Vol. V 1837, p. 505).

seines „Ortsteins" lässt sich mit der von uns aufgestellten Auffassung sehr wohl vereinigen, obgleich er dem Eisenoxyd eine andere Bedeutung für die Schicht, als die hier entwickelte, zuschreibt. Noch näher kommen Emeis' Ansichten über den Humusortstein den meinigen[1]; indessen hat dieser Verfasser die von mir angenommene Entstehung des Gehalts des Bleisandes an Humusstaub und Humuskohle, welche ich hauptsächlich der Hinabschwemmung aus dem Haidetorf zuschreiben muss, ausführlich zu widerlegen gesucht, und damit muss er auch die oben aufgestellte Auffassung von der Bildung der obersten torfartigen Schicht des Ortsteins verwerfen.

Die von mir angeführte Ansicht von der Bedeutung der Wasserbewegung für die Lagerung der Humuspartikeln will Emeis nicht gutheissen.[2] Er macht zwar keine Gründe dagegen geltend, behauptet aber mir gegenüber stark[3], dass die Humuspartikeln des Bleisandes theils von Resten abgestorbener Pflanzenwurzeln, theils von „Humuskonkretionen," die sich in dem mit humussäurehaltigem Wasser gefüllten Obergrund bilden sollten, herrühren.

Die erste dieser Quellen der Humuskohle des Bleisandes ist ohne Zweifel richtig angegeben, allein sie ist so selbstverständlich, dass man kaum darauf hinzuweisen braucht. Sie ist indessen nicht genügend zur Erklärung der Erscheinung, und zwar schon aus dem Grunde, weil wir nicht an verschiedenen Stellen in der Bleisandschicht einen so ausserordentlich grossen Unterschied in der Menge

---

[1] Dass jedoch nicht unwesentliche Differenzpunkte zwischen uns vorhanden sind, zeigt das Vereinsblatt des Haide-Kultur-Vereins für Schlesw.-Holst., 1879, p. 145—146. Eine Diskussion über die von Emeis angeführten Beispiele kann nicht von Nutzen sein, wenn nicht das Beobachtungsobjekt selber vorliegt.

[2] Diese Ansicht steht doch nicht ganz vereinzelt da, denn schon Barth (a. a. O. Heft 3, p. 15) führt als eine mögliche, nicht ganz verwerfliche Erklärung an, dass die ganze Ortsteinschicht durch die aus dem Torf herabgespülten Humuspartikeln entstanden sein könne; er verwirft aber diese Vermuthung wiederum als unwahrscheinlich, jedoch nicht nach einer Analyse der Strukturverhältnisse der Schicht — welche jedenfalls gezeigt haben würde, dass der typische Humusortstein nicht auf diese Weise gebildet sein kann — sondern aus anderen, nicht ganz klaren, den Lagerungsverhältnissen desselben entnommenen Gründen. Wie oben erwähnt, ist auch Biedermann die Bedeutung der Ausschwemmung nicht fremd geblieben.

[3] Vereinsblatt u. s. w. 1879, p. 142—144.

von Humuspartikeln finden würden, ohne dass es möglich wäre einen entsprechenden Unterschied in der Entwickelung der Wurzeln der Haidekrautvegetation zu finden. Wie aber die zweite der von ihm angeführten Quellen der grossen Humusansammlungen in der untersten Partie des Bleisandes zu verstehen sein soll, ist schwerlich ganz klar. Diese gleichartigen Lagerungen einer torfartigen Masse auf dem Boden des Obergrundes mit ganz allmählichen Uebergängen zu schneeweissem Bleisande hinauf nach der Oberfläche der Erde zu, wobei weisse Quarzkörner in die schwarze Humusmasse eingemischt sind, haben so wenig wie möglich mit Konkretionsbildungen gemein, und ausserdem ist es mir nicht bekannt, dass jemals von Anderen irgend eine Bildung torfartiger Substanz gefunden wurde, welche in die Kategorie der Konkretionen gestellt werden könnte. Die Richtigkeit der von mir aufgestellten Auffassung, zu deren Begründung auf das S. 186—188 Mitgetheilte verwiesen werden kann, wird von Emeis nicht widerlegt; er führt nur ein paar Beobachtungen an, die nicht dazu geeignet sind, eine Ansicht umzustürzen, die mir die natürlichste zu sein scheint, und die aus dem, was über die Entwickelung des schwarzen oder Torfortsteins festgestellt ist (Taf. III, Fig. 2—4), unmittelbar hervorgeht.[1])

Ein Rückblick auf die wichtigsten Ansichten über die Prozesse, welche die dem Haideboden charakteristische Differenzirung in der Erdkruste hervorgerufen haben, ist demnach meines Erachtens nicht dazu geeignet, die in der vorliegenden Schrift aufgestellte Erklärung dieser oft besprochenen und so verschiedenartig verstandenen Erscheinung abzuschwächen. Was sich bei der Bildung des charakteristischen Haidebodens vollzogen hat, ist meiner Meinung nach nur das Resultat der in jedem Erdboden wirkenden Faktoren; es sind

---

[1]) Vereinsblatt u. s. w. 1879, p. 142—144. Er hat erstens oben auf der Haidekrautdecke liegende, von Haidekrautwurzeln durchwebte alte Knochen gefunden, deren Zellgewebe mit „schwarzen Humuskonkretionen," die nicht von einer mechanischen Einschlämmung herrühren konnten, angefüllt war. Diese Erscheinung ist am natürlichsten dadurch zu erklären, dass die porösen Knochen humushaltiges Wasser aufgesogen haben, das durch Verdampfung die schwarze Masse abgesetzt hat. Die zweite Beobachtung, welche die Hinabschlämmung des Humusstaubes durch eine Schicht groben Sandes widerlegen sollte, besteht darin, dass der Verfasser Abläufe und Kanäle aus der normalen Bleisandschicht in den Untergrund hinunter gefunden hat, welche mit einer Ortsteinwand bekleidet waren. Solche Bildungen, welche auch ich häufig wahrgenommen habe,

dies alles einfache und wohlbekannte Verhältnisse, welche deshalb in diesem ganzen Jahrhundert oft berührt wurden, denen aber im Allgemeinen nicht ihre volle Bedeutung beigelegt worden ist, und die nicht klar aufgefasst werden konnten, weil man den Beginn der einschlägigen Bildungen nicht auf den ersten, am leichtesten verständlichen Stadien aufgesucht und weil man die Bedeutung der Erdfauna für den verschiedenen physikalischen Zustand des Bodens übersehen hat.

Ursache der Haidebildung. — Man hat schon lange gewusst, dass die Haidestrecken Jütlands und wahrscheinlich auch die der angrenzenden Länder nicht überall den ursprünglichen Zustand der Landschaft darstellen, sondern dass sie das Resultat einer Entwickelung sind, und dass die Gegenden, welche die Haiden jetzt einnehmen, wenigstens theilweise, von ausgedehnten Wäldern bewachsen waren. Aber über die Ursachen, welche diese Entwickelung hervorgerufen haben, gehen die Ansichten weit aus einander. Wir wollen unsere Orientirung in der Literatur über diese Frage um die beiden Verfasser gruppiren, welche in jüngster Zeit dieselbe behandelt haben; es sind dies Emeis und Borggreve, welche diametral entgegengesetzte Ansichten in dieser Beziehung vertreten, indem Emeis die Haiden fast ausschliesslich als das Resultat natürlicher Faktoren betrachtet, während Borggreve dem Menschen allein die Schuld der Waldverwüstungen beimisst.

Emeis hat das Verdienst, zuerst die Bildung von Haide auf Kosten des Waldes mit langsam sich vollziehenden natürlichen Veränderungen in der obersten Bodenschicht, wobei eine grosse Entwickelung von Humussäuren die Hauptrolle spielt, in Kausalverbindung gebracht zu haben. Diese hübsche und wichtige Wahrnehmung wird durch die oben mitgetheilten Untersuchungen vollkommen bestätigt.

---

sind meiner Meinung nach ursprünglich durch die von Senft und Anderen oft erwähnte Erscheinung entstanden, dass sich um abgestorbene Wurzeln u. dergl. eine von einer Ortsteinkruste umgebene Bleisandschicht gebildet hat; der Humusreichthum dieser Schicht kann dann natürlich sehr wohl durch Absorption einer grösseren Menge von Humussäure aus dem Obergrunde vermehrt sein. Aber dadurch ist durchaus kein Beweis geliefert, dass meine Annahme von der Hinabschwemmung unrichtig sei. Wenn der Thon mit einer grossen Masse Feinerde aus lehmigem Boden ausgeschwemmt werden kann, so muss nothwendig auch der Humusstaub in dem groben Sand der Haiden von der Wasserbewegung erfasst werden können.

Anders verhält es sich dagegen mit den Theorien, wodurch er diese Erscheinung zu erklären sucht, und mit den Schlüssen, welche er über „die Stellung der Holzarten und der vegetativen Bodendecken im Haushalte des Waldes“ und „den Gang der natürlichen Bewaldung“ zieht; diese beiden theoretischen Theile seines Buches werden schwerlich Anklang finden. Die zuletzt genannte Gruppe weitgehender Deduktionen, welche mit einer Reihe bekannter Wahrnehmungen, namentlich bei den Torfmooren, in entschiedenem Widerspruch stehen, sollen hier, als ausserhalb des Planes unserer Darstellung liegend, nicht berührt, und nur die erste Gruppe, seine Anschauungen über die Ursache der Haidebildung, einer kurzen Besprechung unterzogen werden.

Emeis hat die Torfbildung beobachtet, er hat ihren Einfluss auf den Boden und die Waldvegetation erkannt und in vielen wichtigen Punkten richtig verstanden; aber damit sind seine Beobachtungen zu Ende, und er sucht sich nun die Ursachen der Erscheinung zu erklären, statt sie durch fortgesetzte Untersuchung zu erforschen. Er ist dadurch zur Aufstellung seiner Theorie gelangt, dass die Ursache der Ausbreitung der Torfbildungen in einer Veränderung des Klimas liege; dieses soll feuchter und rauher geworden sein, wodurch die Moore wachsen und nun ihrerseits dazu beitragen, das Klima zu verschlechtern und die Entwickelung des Haidetorfs zu befördern. Dann sagt er: „Wie nun die Moore das Terrain klimatischer Verwüstung allmählich vergrössert und den angrenzenden Wald mehr und mehr zurückgedrängt haben, brauchen wir wohl nicht zu schildern.“ Ganz abgesehen von der in der hier vorliegenden Schrift gegebenen Erklärung der Torfbildung, wird die von Emeis aufgestellte Theorie durch das Vorkommen der Torfschichten selber widerlegt. Wenn sich auf einem Haideareal mit gut entwickeltem Bleisand und Ortstein kleine, nur zwei Fuss hohe und einige Fuss breite Eichenbüsche befinden, unter deren Schirm diese Bildungen durchaus fehlen; wenn ferner in den Staatsforsten Nordseelands, wie im Innern des Gribsskov und des Teglstruper Geheges unmittelbar an der steilen Küste des Oeresundes mächtige Bleisand- und Ortsteinschichten auf den trockensten und höchsten Hügeln unter einer 6 Zoll dicken Torfschicht liegen; wenn endlich in ganz Deutschland, und sogar auf den warmen Kalkpartien der Rauhen Alp und an vielen anderen Orten ähnliche Torfbildungen vorkommen, so geht daraus hervor, dass das Auftreten dieser Humusschicht

durchaus nicht mit den klimatischen Veränderungen auf der Cimbrischen Halbinsel in Verbindung steht. Auf vielen Lokalitäten in Haiden und Wäldern wechseln Torf- und Mullboden so plötzlich und sind stellenweise in einem solchen Grade mit einander vermischt, dass man ganz den Gedanken aufgeben muss, die Ursache in grösseren, sich über ganze Landestheile oder Gegenden erstreckenden Faktoren zu suchen; das Auftreten der Torfbildung stellt sich, namentlich bei einem Studium der Entwickelungsformen, als eine lokale Erscheinung im strengsten Sinne des Wortes dar.

Die ganze Anschauungsweise des Verfassers führt ihn zu einer anderen, in unseren Augen ganz unhaltbaren Behauptung, dass nämlich diese klimatischen Ursachen und ihr Resultat, die Torfbildung, die einzigen Faktoren seien, welche die Haiden hervorgebracht, und dass die Menschen keinen Antheil an deren Entwickelung haben. Zahlreiche geschichtliche Angaben enthalten jedoch so viele Zeugnisse für das mächtige Eingreifen der Menschen in die frühere Waldvegetation der Haidegegenden, dass ihnen eine Bedeutung nicht abzusprechen ist. Wir wollen hier nur an Urbarmachung, Waldbrände, sowie an rücksichtslose Abholzung erinnern. Die zahlreichen Hünengräber in den Haidegegenden [1]) deuten auf eine frühzeitige Bewohnung hin, und damit war im Alterthum möglicherweise schon Ackerbau, jedenfalls aber Viehzucht verbunden, und Waldbrände fanden in einem Umfange statt, wovon man sich wohl schwerlich eine Vorstellung macht; endlich leistete auch rücksichtslose Abholzung dem verheerenden Einfluss des Westwindes Vorschub, wie dies aus Fig. 13 S. 131 hervorgeht. Der Einwand, dass die Menschen nicht all' das Holz hätten verbrauchen können, das sie durch eine wirkliche Verwüstung der Wälder bekommen haben würden, wird durch den Hinweis auf die grossartige Eisenindustrie [2]) des mittleren Jüt-

---

[1]) Durch die Untersuchungen über die Alterthümer Jütlands, welche die „Direktion for de nationale Mindesmärkers Bevaring" in der letzteren Zeit in Jütlands Haidegegenden hat unternehmen lassen, sind authentische Aufschlüsse darüber gewonnen, dass sich in mehreren Harden, selbst in der ödesten westlichen Haidegegend, wie z. B. in der Bölling Harde, ca. 150 Hügel und Steinkreise auf der Quadratmeile finden: die meisten dieser Denkmäler, die fast alle aus dem Bronze- und Eisenalter stammen, enthalten mehrere, einige sogar viele Begräbnisse. (Mittheilung des Dr. S. Müller.)

[2]) C. Nyrop, Dansk Jern (Historisk Tidsskr. R. IV Bd. VI 1877—1882, p. 125—162).

land im Mittelalter widerlegt; diese Industrie muss einen bedeutenden Umfang gehabt haben, da die Bewohner ihre Steuern in Eisen bezahlten und dasselbe einen Ausfuhrartikel nach dem übrigen Lande bildete.

Es scheint mir daher, dass Emeis die Bedeutung der durch die Waldverwüstung der Menschen bewirkten Förderung der Entwickelung der Haiden viel zu sehr unterschätzt. Aber weit unrichtiger scheint es mir noch, der Ansicht Borggreve's beizupflichten, dass die Menschen allein an der Haidebildung Schuld seien. Der seltsame Satz[1]: „Jede Haidefläche ist das Resultat menschlicher Kultur, und wenn man sie einige Decennien hindurch in Ruhe lässt, so wird sie wieder das werden, was sie vor Jahrhunderten oder Jahrtausenden war, nämlich Wald," verräth, wie auch andere Sätze dieses Verfassers, Mangel an Kenntniss von der Haide selbst. Aus den allgemeinen, an und für sich richtigen Vorstellungen über die Wirkung des Kampfes um die Existenzmittel, den verschiedene Vegetationsgruppen auf einer gegebenen Lokalität mit einander führen, zieht er den im Verhältniss zu den Prämissen gleichfalls richtigen Schluss, dass die auf einer Stelle herrschende Vegetationsform in einem Kampfe, in welchem andere Organismen und äussere Verhältnisse entweder ihre Verbündeten oder ihre Gegner wären, die allein herrschende geworden ist. Sobald die Reihe von Faktoren, deren Wirkung die bestimmte Vegetationsform ist, ihre Gruppirung verändert, oder sobald einer der Faktoren an Bedeutung verliert oder verschwindet, so muss auch das Resultat des Kampfes sich ändern, die Vegetation eine andere werden. Diese Betrachtung ist wohl ebenso richtig wie alt. Bezüglich der Waldvegetation geht dies schon aus G. Heyer's vortrefflicher Abhandlung „Das Verhalten der Waldbäume gegen Licht und Schatten," in unserer Literatur aus Vaupell's[2]) und des Verfassers eigenen[3]) Untersuchungen hervor; seit dem Erscheinen der berühmten Arbeiten Darwin's über die Bedeutung des Kampfes ums Dasein, ist die gedachte Betrachtung gewiss überall anerkannt, und sowohl durch Spezialuntersuchungen,

---

[1]) B. Borggreve, Haide und Wald, Berlin 1879, p. 43.

[2]) Chr. Vaupell, Bögens Indvandring i de danske Skove, Kbhn. 1857 De danske Skove, Kbhn. 1863.

[3]) Om Ädelgranens Forekomst i nogle franske Skove (Tidsskr. f. pop. Fremst. af Naturv. R. IV Bd. 3 p. 51).

wie durch allgemeinere Darstellungen von Verfassern wie Nägeli, Hooker u. A. bestätigt. Aber was mir sowohl unrichtig, als neu scheint, das ist die Art und Weise, wie Borggreve den angeführten Satz anwendet, wodurch es sich zeigt, was dabei herauskommt, wenn man auf Gebieten, wo die induktive Methode anzuwenden wäre, Deduktionen macht. Aus der allgemeinen Theorie über die Bedeutung des Kampfes ums Dasein deducirt Borggreve, wie das Verhältniss auf den Haiden sein muss, statt von der Beobachtung auszugehen und nach dem Gesetze hin zu induciren. Die Beobachtung würde nämlich gezeigt haben, dass sein Satz überall richtig ist, wo wir es nur mit einer Haidekrautvegetation zu thun haben, und wo der Boden im Uebrigen seine ursprüngliche mullartige Beschaffenheit, die denselben anderen Vegetationsformen bewohnbar macht, bewahrt hat. Die Beobachtung zeigt — es liegen viele Beispiele[1]) davon vor — dass mit Haidekraut bewachsene Areale, die sich selbst überlassen bleiben, wieder zu Wald werden. Aber in den typischen Haiden kommt noch ein Moment hinzu, das Borggreve übersehen hat, weil es nicht in seinen Prämissen lag. Unter der Herrschaft der Haidekrautvegetation wird nämlich der Boden oft in solcher Weise verändert, dass die Haide, wenigstens auf grossen Strecken, nicht von selbst wieder zu Wald werden kann, weil der Boden nicht mehr für andere Vegetationsformen, als die des Haidekrauts, empfänglich ist, bis die Beschaffenheit desselben unter der Einwirkung der Menschen eine andere geworden ist. Bei einer gründlichen Kenntniss der Geschichte der Haidekultur scheint es mir unmöglich, dass man zu einem anderen Schluss kommen kann, als dass es grosse Areale giebt, die von selbst nicht wieder zu Wald werden können, und unsere Untersuchungen leiten uns zu der Erklärung, dass die Ursache davon in den Veränderungen liegt, welche durch die Mitwirkung der herrschenden Vegetation selber im Boden hervorgerufen sind.

Es scheint also, dass ein auf Beobachtung gegründetes Studium der Natur der Haiden allerdings zeigt, dass das Eingreifen der

---

[1]) Um ein Beispiel aus unserem eigenen Lande zu nennen, wollen wir Bornholms „Höilyng“ anführen, wo die Baumvegetation längs den Waldrändern in die mit Haidekraut bewachsene, aber nicht torfbedeckte und nicht ortsteinhaltige Haide hinauswandert. Es könnten viele ähnliche Beispiele aus dem Auslande, namentlich in Berggegenden, namhaft gemacht werden.

Menschen im Verein mit meteorischen Faktoren für die Hervorbringung der Zustände, welche die Einwanderung des Haidekrauts in die ursprünglichen Wälder der Haidegegenden begünstigen, von eminenter Bedeutung gewesen ist; ferner, dass der Kampf zwischen den Pflanzenformen auf solchen Lokalitäten in hohem Grade die Ausbreitung und die Alleinherrschaft der Haidevegetation befördert hat, wie dies Borggreve's Meinung ist; aber zugleich — was namentlich aus den oben mitgetheilten Untersuchungen hervorgeht — dass unter dem Einfluss des organischen Lebens so bedeutende Veränderungen in der Oberfläche des Haidebodens sich vollzogen haben, dass gerade diese geognostische Umgestaltung der Oertlichkeit, welcher Emeis mit Recht grosse Bedeutung beilegt, der typischen Haide ihr Gepräge giebt. Die Haidebildung ist deshalb nicht gleichbedeutend mit der Verwüstung des Waldes und der Herrschaft des Haidekrauts über das Terrain, sondern mit diesen Verhältnissen in Verbindung mit der Haidetorfbildung. Es ist endlich zur höchsten Wahrscheinlichkeit gebracht worden, dass der Beginn der Haidebildung, selbst auf den Hügelpartien, namentlich im westlichen Jütland, sehr weit in der Zeit zurückliegt, und es lassen sich kaum wesentliche Einwendungen gegen die von Forchhammer[1]) oft ausgesprochene Ansicht beibringen, dass ein Theil der Haiden, namentlich der Haideflächen, wenigstens auf grösseren Strecken, niemals mit Wald bewachsen war, sondern dass sich die auf die Eiszeit folgende Vegetation unmittelbar in der Haidevegetation auf dem magersten Sandboden des westlichen Jütland fortgesetzt hat, obwohl ich über diesen Punkt keine eigene Meinung auszusprechen wünsche, weil es an einem genügenden Material zur zuverlässigen Beleuchtung desselben fehlt.[2])

---

[1]) S. z. B. Barth, om de danske Heder, a. a. O. p. 82.

[2]) Als das Obenstehende längst niedergeschrieben und die vorliegende Schrift schon fast ganz gedruckt war, erhielt ich Oberstlieutenant E. Dalgas' höchst interessante Abhandlung über die Wälder der Vorzeit und der Zukunft in Jütlands Haidegegenden (Hedeselskabets Tidsskrift 1884 Nr. 1), in welcher er sich dahin ausspricht, dass die Haiden vollständig mit Wald bewachsen waren und dass ihre Bildung ausschliesslich durch die Verwüstung der Wälder durch die Menschen verursacht ist. Obwohl Dalgas in seiner umfassenden Darstellung die ausserordentlich grosse Ausbreitung der Wälder auf der jütischen Halbinsel zu beweisen sucht, finde ich doch keinen Anlass, etwas in den vorstehenden Ansichten zu ändern, nachdem ich mich mit den von ihm angeführten neuen Daten bekannt gemacht habe.

Bedeutung der Regenwürmer für die Humusbildung.

Als der erste Theil dieser Arbeit, „Ueber die Humusformen der Buchenwälder auf Sand und Lehm," im Jahre 1878 erschien, war der Bedeutung des organischen Lebens für die Humusbildung bisher sehr wenig Beachtung geschenkt worden. Die durch Liebig's Untersuchungen eingeleitete Richtung im Studium des vegetationtragenden Bodens hatte so ausschliesslich den im Boden sich vollziehenden physikalischen und chemischen Prozessen die Aufmerksamkeit zugewandt, dass man sagen kann, es sei im Allgemeinen übersehen worden, welche Bedeutung das Thierleben für die Bildung der obersten Schicht des natürlichen unbearbeiteten Bodens hat; denn es giebt meines Wissens kein grösseres, allgemein benutztes Handbuch, in dem auf diesen Umstand Gewicht gelegt wäre. Zwar veröffentlichte Darwin schon im Jahre 1837[1]) seine eigenen und seines Schwiegervaters hübsche Beobachtungen, nach denen Brocken von gebranntem Lehm und Cinders, die auf einem Felde ausgestreut waren, nach und nach einige Zoll unter der Oberfläche verschwanden, weil sie von Regenwürmer-Exkrementen bedeckt wurden, und Hensen, sowie einige Andere[2]) hatten interessante Mittheilungen über die Lebensweise des grossen Regenwurms gemacht und namentlich über den Umstand, dass er den Grund für die wachsenden Pflanzen auf bearbeitetem Boden zu vertiefen vermöge; aber erst v. Post hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Humusschichten so gut wie überall, wo sie vorkommen, koprogenen Ursprungs sind. Dieser Forscher, der mit so grosser Klarheit die von dem organischen Leben in den Süsswassern herrührenden verschiedenen Ablagerungen behandelt hat, war jedoch weniger glücklich in seiner Darstellung der Humusformen auf dem Trockenen und hatte die Bedeutung der

---

Wenn dieser erfahrene Kenner der Haide betont (Hedeselsk. Tidsskr. 1883, p. 219), dass der Boden nur insofern an der Haidebildung Schuld sei, als er vermöge seiner Magerkeit nicht im Stande war, dem Walde genügende Kraft zu verleihen, um den Verfolgungen der Menschen zu widerstehen, so muss ich festhalten, dass er, indem er die sich im Boden vollziehenden Veränderungen übersieht, das wesentlichste Moment der Haidebildung unbeachtet lässt. Rücksichtslose Waldverwüstung kann nur das Waldland in eine Steppe verändern; die Torfbildung muss hinzutreten, um aus der Steppe typische Haide zu machen.

[1]) Transactions of the Geological Society, Vol. V, 1840, p. 505.

[2]) Vergl. p. 60.

Regenwürmer ganz übersehen. Im Jahre 1878 lag also, ausser den Mittheilungen Hofmeister's, Hensen's und einzelner anderer Verfasser über die Bedeutung der Regenwürmer für die Durchlüftung, Vertiefung u. s. w. des Bodens eigentlich nur Darwin's 40 Jahre alte Beobachtung des Verhältnisses, das an gewissen Stellen zwischen den Regenwürmern und der Mullschicht des Bodens bestehen kann, vor; seine und seines Schwiegervaters fünf Beobachtungen waren aber gar zu isolirt, um darauf einen allgemeineren Schluss stützen zu können; sie wurden deshalb zunächst als naturgeschichtliche Curiosa behandelt, man legte ihnen keine grössere Bedeutung bei, und in die allgemeine Bodenkunde wurden sie in der verflossenen Periode nicht aufgenommen. Der Verfasser vorliegender Schrift konnte daher wohl nicht ganz ohne Grund auf einem fast unbekannten Gebiet zu arbeiten vermeinen und musste deshalb seine Anschauungen und Beobachtungen mit einer Vorsicht und Zurückhaltung aufstellen, die ihm später zur Last gelegt worden sind.

In den verflossenen fünf Jahren ist die Kenntniss von dieser Frage indessen durch Darwin's vortreffliche Untersuchungen[1]) mächtig gefördert worden; diese haben viele Kommentare hervorgerufen, und Hensen[2]) hat sie durch einige hübsche Beobachtungen vermehrt, so dass die vom Verfasser im Jahre 1878 aufgestellten Ansichten über die Bedeutung der Regenwürmer für die Humusbildung jetzt, wenn auch nicht durch seinen wenig bekannten Namen, so doch namentlich durch Darwin's mächtige Autorität, zu einem allgemein anerkannten und in seinen Hauptzügen von nur Wenigen[3]) bestrittenen Lehrsatz erhoben sind.

Von demjenigen Theil der Untersuchungen Darwin's, welcher unseren Hauptgegenstand näher betrifft, sind zuerst seine umfassenden Studien über die Lebensweise der Regenwürmer zu nennen,

---

[1]) C. Darwin, The formation of vegetable Mould, London 1881.

[2]) v. Hensen, Ueber die Fruchtbarkeit des Erdbodens in ihrer Abhängigkeit von den Leistungen der in der Erdrinde lebenden Würmer. (H. Thiel, Landw. Jahrb. Berlin 1882 p. 661.)

[3]) S. jedoch Emeis im Vereinsblatt u. s. w. 1879, p. 141, und Borggreve in der Anmerkung zu Metzger's Uebersetzung von „Nogle Träk af Skovens Naturhistorie.“ Borggreve's Anmerkung kenne ich nur aus Hensen's Citat, a. a. O. p. 696. Keiner dieser Verfasser führt einen Grund gegen meine Deutung an.

durch welche ein interessantes und bedeutungsvolles Licht auf deren Einfluss auf die Beschaffenheit der Erdkruste geworfen wird. „Ihr Hauptwerk“ — sagt er — „besteht darin, die feineren und gröberen Partikeln des Bodens zu sondern, das Ganze mit vegetabilischen Elementen zu vermischen und diese Masse mit Aussonderungen aus ihrem Verdauungskanal zu sättigen.“ [1]) Die Würmer sind, wie ich dies schon im ersten Abschnitt hervorgehoben habe, Omnivoren; Darwin hat gesehen, dass sie nicht allein abgefallenes Laub und andere Gegenstände vegetabilischen Ursprungs, sondern auch rohes Fleisch, Fett, todte Würmer [2]) u. s. w. verzehrt haben; auch meint er, dass sie Erde verzehren, um Nahrung daraus zu ziehen.[3]) Trotz der Reihe von Beobachtungen und Beweisgründen, mit denen Darwin die letztgenannte Ansicht begründet, muss ich mich doch Claparède's[4]) und Hensen's[5]) Zweifeln in dieser Beziehung anschliessen; obgleich dieser Punkt noch bei weitem nicht genügend aufgeklärt ist, scheint doch die Annahme die wahrscheinlichste, dass die Hauptnahrung der Regenwürmer in abgestorbenen, namentlich halbvermoderten vegetabilischen und animalischen Resten bestehe. Diese können aber auch in der Erde selber vorkommen, und aus einem Vergleich zwischen einem vegetationtragenden Boden, der von Regenwürmern bewohnt ist, und einem solchen, in welchem sich keine Regenwürmer befinden, geht hervor, ein wie ausserordentlich grosser Unterschied in dem Gehalt beider an abgestorbenen Pflanzenwurzeln vorhanden ist, welche an Stellen, wo keine Regenwürmer sind, oft einen förmlichen Filz in der Erdkruste bilden. Ich halte es für höchst wahrscheinlich, dass, wenn Regenwürmer Erde verschlingen, um Nahrung daraus zu ziehen, dieser Prozess darin besteht, dass sie die ganze Masse der organischen Abfälle von den unterirdischen Bestandtheilen der Vegetation verzehren. Eine nähere Kenntniss der eigentlichen Humusstoffe des Bodens nnd der Verbindungen, worin sie vorkommen, macht es wenig wahrscheinlich, dass so hoch organisirte Thiere wie Regenwürmer darauf angewiesen sein sollten, daraus ihre Nahrung zu ziehen.

---

[1]) The formation etc. p. 174.

[2]) A. a. O. p. 109.

[3]) A. a. O. p. 100—109.

[4]) Claparède, Histologische Untersuchungen über den Regenwurm p. 607 (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XIX, 1869).

[5]) Ueber die Fruchtbarkeit u. s. w. a. a. O. p. 685.

Dagegen kann kein Zweifel über die Thatsache obwalten, dass der Regenwurm, theils um sich seine Nahrung zu verschaffen, theils um sich einen Weg in der Erde zu bahnen und die Gänge zu bauen, in denen er sich aufhält, in einem solchen Umfang Erde verschlingt, dass nach Darwin's Meinung die ganze Masse Mull, die sich auf einem Felde befindet, im Laufe weniger Jahre durch den Verdauungskanal des Regenwurms hindurchgeht.[1]) Er stützt diese Ansicht auf eine grosse Menge von Beobachtungen, Berechnungen, Wägungen von Regenwürmerexkrementen u. s. w.[2]) und ist dadurch zu dem Resultat gelangt, dass diese letzteren in einer solchen Menge auf die Oberfläche gebracht werden, dass sie im Laufe von zehn Jahren den Boden mit einer Mullschicht von ungefähr zweizölliger Dicke bedecken können.

Ich habe schon betont, dass diese Thätigkeit die Erdschicht, in welcher die Regenwürmer leben, locker und porös machen muss; ferner wird dadurch die innige Mischung von humosen Stoffen und mineralischen Elementen gebildet, welche wir Mull genannt haben, und endlich wird da, wo die grossen Regenwürmer graben, eine sehr bedeutungsvolle Vertiefung des Erdreichs sich vollziehen, wodurch der Gehalt desselben an Nahrungsstoffen erhöht wird, indem Kanäle gebildet werden, welche Luft und Wasser in den Untergrund hinab leiten, so dass auch dieser, was namentlich aus Hensen's Beobachtungen klar hervorgeht, den Pflanzenwurzeln zugänglich gemacht werden kann.

Auf diesem Gebiete bringt Darwin's letztes Werk eigentlich nur durch die grosse Reihe werthvoller Beobachtungen eine neue Bestätigung schon bekannter Sätze; aber indem seine Untersuchungen sich auf den Einfluss erstrecken, welchen die Verdauungssäfte des Regenwurms auf die chemische Beschaffenheit des Bodens ausüben, zieht er ein neues Moment von hoher Bedeutung für das Verständniss der Thätigkeit derselben hervor. Ohne gerade einen neuen Beitrag zur Anatomie und Physiologie der Regenwürmer zu geben, zeigt er namentlich durch die Anwendung der von Anderen über diese Gegenstände angestellten Untersuchungen, die er durch seine eigenen biologischen Beobachtungen beleuchtet, dass die Verdauungssäfte dieser Thiere in hohem Grade dazu beitragen, die durch

[1]) A. a. O. p. 243 u. ö.

[2]) A. a. O. Cap. III.

Gährung und Verwesung vegetabilischer Stoffe gebildeten Säuren, namentlich Humussäuren, zu neutralisiren.

An den langen Speiseröhren der Lumbricinen sitzt eine schon längst bekannte Gruppe von drei Paar Drüsen, welche nach Claparède's Untersuchungen[1]) Kalk absondern, und zwar theils in kleinen Konkrementen oder Krystallen, welche mit den verzehrten Vegetabilien vermischt werden und mit diesen zugleich in den Darm übergehen, theils in Gestalt einer „Kalkmilch", die mit der Nahrung vermischt wird. Obwohl Perrier[2]) einiges Bedenken getragen hat, den Inhalt dieser Drüsen als Kalk zu deuten, schliesst Darwin[3]) sich doch ganz der Anschauung Claparède's an, die auch nach Allem, was vorliegt, Glauben verdient; er misst diesem Stoff eine sehr grosse Bedeutung für den Einfluss der Regenwürmer auf die Mullbildung bei und fügt hinzu, dass nach dem Kalkreichthum des Bodens kein wesentlicher Unterschied im Inhalt der Drüsen bestehe.

Aber ausser dieser Absonderung von basischem Stoff aus den Kalkdrüsen werden der Nahrung durch den ganzen Verdauungskanal hindurch alkalisch reagirende Säfte zugeführt. Schon der Saft, den der Wurm über die Blätter und dergl., die er in seinen Gang hinabzieht, ausgiesst, ehe er sie verzehrt — wodurch die Verdauung so zu sagen ausserhalb des thierischen Körpers beginnt —, ist alkalisch[4]); es ist aber ferner anzunehmen, dass der Verdauungssaft der Regenwürmer, dessen Wirkung der des Bauchspeichels bei den höheren Thieren ähnlich ist, gleichwie dieser alkalisch ist, ja Darwin glaubt sogar schliessen zu dürfen, dass, wie bei jenen Organismen die Verdauungsthätigkeit unter dem Einfluss des Bauchspeichels nicht in Kraft tritt, wenn nicht Alkali vorhanden ist, so auch die Absonderungen der Kalkdrüsen bei den Regenwürmern hinzutreten müssen, damit die hinter diesen Organen liegenden Theile des Verdauungskanals die Nahrung verarbeiten können.[5]) Endlich machen

---

[1]) A. a. O. p. 602—608.

[2]) Perrier, Etudes sur l'organisation des Lumbricines terrestres p. 422. (Archives de Zool. expér. Tom. III, 1874.)

[3]) Darwin, the formation etc. p. 43—54.

[4]) Darwin, the formation etc. p. 38—43.

[5]) Darwin stützt sich hier auf Fredericq's Untersuchungen, welche den Schluss zulassen, dass der Verdauungssaft der Lumbricinen der Absonderung aus der Pancreas der Wirbelthiere nahe verwandt ist (Archives de Zoologie

es theils direkte Versuche Darwin's, theils die von ihm herangezogenen Analogien von höher stehenden, pflanzenfressenden Thieren höchst wahrscheinlich, dass der Gährungszustand, in den die vegetabilischen Nahrungsmittel nachdem sie verzehrt sind, gerathen, mit der Humifikation vieles gemein hat, und dass dadurch jedenfalls ein bedeutender Ueberschuss an Säure hervorgebracht wird, der entweder zum Theil oder gänzlich durch den Zuschuss des Verdauungskanals an Base neutralisirt wird.

Dieses wichtige Moment zum Verständniss der Bedeutung der Regenwürmer für die Mullbildung, welches zuerst Darwin genügend betont hat, wirft ein höchst bedeutungsvolles Licht auf die von mir nachgewiesene verschiedene Menge von Säure in den mit oder ohne Mitwirkung der Regenwürmer gebildeten humosen Ablagerungen; jedenfalls aber giebt dasselbe Aufschluss über einen der Faktoren, welche bewirken, dass eigentlicher Mull im Allgemeinen keine freie Humussäure enthält, wie die torfartigen Schichten, die nicht durch den Darmkanal der Thiere, namentlich der Regenwürmer, gegangen sind. Es lässt sich daher dem Werke Darwin's eine auf eine sehr bedeutende Reihe von Beobachtungen und Untersuchungen begründete Stütze dafür entnehmen, dass die Bedeutung für die Mullbildung, welche in dem ersten Theil dieser Studien den Regenwürmern zugeschrieben wurde, richtig ist, während keine einzige seiner Beobachtungen dagegen spricht.

Aber auch auf anderen Punkten gewähren Darwin's neue Beobachtungen unserer Untersuchung eine Stütze; wir wollen hier zwei hervorheben, welche vorzugsweise für den von uns behandelten Gegenstand von Wichtigkeit sind. Er sagt[1]): „Als man in mehreren mit feinem eisenhaltigem Sande gefüllten Blumentöpfen Würmer anbrachte, wurde es erwiesen, dass das Eisenoxyd, das die Sandkörner bedeckte, aufgelöst“ (indem es durch den Darmkanal der Regenwürmer hindurchging) „und in den Exkrementen davon geschieden wurde“ und ferner: . . . . „Wir müssen deshalb den Schluss ziehen, dass die

---

expérimentale, Tome VII, 1878, p. 394), was freilich durch Kruckenberg's Studien nicht ganz bestätigt wird. (Vergleichend-physiologische Studien, Reihe I, Heidelberg 1881, p. 60), welche es weniger unzweifelhaft machen, dass ein Zuschuss von Alkali zur Verdauung der Würmer erforderlich ist.

[1]) The formation etc. p. 52—53.

[2]) Ibid. p. 240—241.

Säure, welche sich im Darmkanal der Würmer befindet" (in der darin enthaltenen Masse) „während des Verdauungsprozesses gebildet und wahrscheinlich so ziemlich dieselbe ist, wie die, welche im gewöhnlichen Humus vorkommt. Es ist indessen wohlbekannt, dass letztere das Vermögen besitzt, Eisenoxyd zu reduciren oder aufzulösen, so wie dies zu sehen ist, wo Torf auf rothem Sande ruht, oder wo eine verrottete Wurzel durch solchen Sand läuft. Ich habe einige Würmer in einem Topf angebracht, der mit sehr feinem röthlichem, aus kleinen mit rothem Eisenoxyd umhüllten Quarzkörnern bestehendem Sande gefüllt war, und die Gänge, welche die Würmer in diesem Sande gegraben hatten, waren in der gewöhnlichen Weise mit ihren Exkrementen ausgefüttert, die aus Sand, mit Darmabsonderungen und Ueberbleibseln von verdautem Laube vermischt, bestanden; dieser Sand hat seine rothe Farbe ganz verloren. Wenn man kleine Theile davon unter das Mikroskop bringt, gewahrt man, dass die meisten Körner in Folge dessen, dass das Eisen aufgelöst wurde, durchscheinend und farblos geworden sind. Auf diesen Sand bringt Essigsäure kaum eine Wirkung hervor und selbst verdünnte[1]) Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure haben nicht die Wirkung, wie die im Darmkanal des Wurms entwickelte Säure."

Darwin liefert hier auf dem Wege des Experiments und der mikroskopischen Untersuchung eine Bestätigung der oben angeführten Deutung der hin und wider in den Eichenwäldern und auf den Haiden gefundenen bleisandähnlichen Schichten unter dem Gestrüppmull, wo keine Ortsteinbildung den weissen Sand vom Untergrunde trennt. Die Arbeit des Thierlebens selber ist auf diesem mageren Sandboden die Ursache der Auswaschung des Eisens, und die Schicht, die entfärbt wurde, ist eben die, welche die Stätte der Thätigkeit der Regenwürmer war, und die nach Darwin „viele Male durch den Körper der Würmer hindurchgegangen ist."[2])

Er macht ferner darauf aufmerksam, dass die erdeverschlingenden Regenwürmer mit einem oder mehreren, mit einer dicken Chitinhaut und kräftigen Muskelschichten ausgerüsteten Kröpfen versehen sind, welche, wenn der Wurm seine Nahrung gierig zu sich nimmt, mit kleinen Steinen angefüllt sind, die wie bei den Hühnern dazu dienen, die Nahrung zu zerreiben und zu zermahlen. Aus diesen

---

[1]) „Diluted as in the Pharmacopæia."

[2]) A. a. O. p. 236.

Bauverhältnissen bei den Regenwürmern, sowie aus dem Umstande, dass ihre Exkremente zum grossen Theil in der Gestalt eines feinen Pulvers vorkommen, schliesst Darwin gewiss mit Recht, dass die Verdauung des Wurms die Erde nicht nur chemisch[1]), sondern auch mechanisch bearbeitet, indem dieselbe kleine mineralische Körper pulverisirt, oder mit anderen Worten: der Verdauungskanal der Regenwürmer vermehrt die Feinerde. Endlich deutet Darwin flüchtig auf ihre Bedeutung für die Salpeterbildung im Boden hin, worauf ich in dem dritten Abschnitt dieser Studien zurückzukommen hoffe.

Wie gering auch die Wirkungen der Arbeit des einzelnen Regenwurms in allen diesen Beziehungen sein möge, so liegt doch nichts Unwahrscheinliches darin, dass die Summe der vielen kleinen Kräfte ein so bedeutungsvolles Resultat hervorbringen kann, wenn man bedenkt, welch' grosse Menge[2]) von Würmern sich auf einem Areal befinden können — in welcher Beziehung Darwin neue Untersuchungen zu den von Hensen, mir[3]) und Anderen angestelltnen hinzufügt — und wenn man sich daran erinnert, dass die Würmer vorzugsweise nur die Oberfläche des Bodens bis zu einer Tiefe von 4—12 Zoll bearbeiten, wenn sie auch bei gewissen Witterungsverhältnissen, namentlich im Winter, in den tiefer liegenden Untergrund hinabgehen, und die Wohnungsgänge einzelner Arten sich

---

[1]) A. a. O. p. 246.

[2]) Durch eine Verwechselung der beiden dänischen Wörter „Dusin" (Dutzend) und „Tusind" (Tausend) ist Hensen dazu gekommen, mir eine kuriose Uebertreibung der Zahl der Regenwürmer zuzuschreiben. Er sagt in seiner Abhandlung „Ueber die Fruchtbarkeit u. s. w." p. 677: „zuweilen hat Müller davon *(L. purpureus)* Tausende auf einem Quadratfusse gesammelt;" in meinem Text („Ueber Buchenmull u. s. w.") steht aber p. 23: „ich habe sie oftmals zu Dutzenden auf dem Areal eines Quadratfusses sammeln können."

[3]) Auf einem rein gefegten Areal in einem Gebüsch im Garten der landwirthschaftlichen Hochschule zu Kopenhagen zählte ich im Herbst 1881 die Anzahl frischer Regenwürmergänge mit kürzlich ausgestossenen Exkrementen, die sich auf einem Stück Land von 72 Quadratfuss befanden; das Resultat war, dass 3,8 Gänge auf den Quadratfuss kamen, oder weniger, als ich mehrmals in Wäldern gefunden hatte. Diese Gänge rührten offenbar alle von dem grossen Regenwurm her; allein die Anzahl der Würmer selber ist doch wohl in Folge der Wahrnehmung Hensen's, dass ein Wurm mehrere Ausgänge von seiner Wohnung haben kann, eine etwas geringere gewesen.

das ganze Jahr hindurch so tief erstrecken, wie dies namentlich durch Hensen's Untersuchungen nachgewiesen ist.[1])

Aus Darwin's Schlussfolgerung über die Wirkung der Arbeit der Regenwürmer führen wir Folgendes an, das die vorliegende Untersuchung insbesondere berührt: „Wenn wir eine ausgedehnte humusbedeckte Strecke sehen, müssen wir eingedenk sein, dass sie ihre Fruchtbarkeit, auf der ihre Schönheit in so hohem Grade beruht, hauptsächlich dem Umstande verdankt, dass die verschiedenen Elemente, aus denen der Boden besteht, langsam von den Regenwürmern durchwühlt sind. Es ist ein eigenthümlicher Gedanke, dass die ganze Humusschicht der Oberfläche auf einer solchen Strecke durch den Körper der Würmer gegangen ist und in einigen wenigen Jahren wieder durch denselben hindurchgegangen sein wird."[2])

Es ist aber jetzt die Frage, ob das reiche Material von Beobachtungen des berühmten Forschers wirklich einen vollgültigen Beweis für die Richtigkeit dieser Schlussfolgerung liefert. Er hat ein grösseres Material als irgend ein Anderer zum Verständniss der Lebensweise der Regenwürmer und der Wirkung ihrer Thätigkeit beigebracht und dadurch in sehr hohem Grade unsere Kenntniss von den Leistungen der Regenwürmer erweitert; aber die Gegenprobe, die Darstellung von dem Zustande des Bodens, wo die Regenwürmer nicht thätig sind, hat er nicht geliefert und ebenso wenig einen Aufschluss über die Verbreitung dieser Thiere und den Unterschied in der von den einzelnen Arten ausgeführten Arbeit. Seine eigenen Beobachtungen betreffen gewiss fast ausschliesslich ein paar grosse Regenwurmarten, welche Exkremente auf die Oberfläche der Erde[3]) bringen; andere Formen berührt er kaum.

Es ist also noch eine umfassende Arbeit auszuführen, ehe diese Lücken in Darwin's Untersuchungen ausgefüllt sein werden, aber es muss doch hervorgehoben werden, dass unsere Beobachtungen Beiträge zur Erläuterung der ersten Frage gebracht haben, indem unsere Schlussfolgerung, dass Mull dort gebildet werde, wo Regenwürmer in grösserem Umfange thätig sind, und Torf da, wo sie fehlen, unserer Meinung nach zur Ergänzung der Untersuchungen Darwin's

---

[1]) S. Hensen's Abhandlung, Ueber die Fruchtbarkeit u. s. w. p. 664 und 675.

[2]) A. a. O. p. 313.

[3]) A. a. O. p. 9.

beiträgt; wir glauben, dass die Studien über die Torfbildung, ihre Ursache, ihre Natur, ihre Ausdehnung und ihren Einfluss auf die obersten Erdschichten, ebenso wichtige Momente für das Verständniss des Thierlebens sind, wie Untersuchungen über dieses selbst.

Obwohl es demnach der Aufmerksamkeit Darwin's entgangen zu sein scheint, dass grosse Strecken der Erdoberfläche nicht von Regenwürmern bewohnt sind und dass das Fehlen dieser Thierform der Landschaft in so grossartiger Weise ihr Gepräge giebt, so müssen doch aus Darwin's Werk die wenigen von ihm mitgetheilten Angaben über die Verbreitung der Regenwürmer angeführt werden, da sie durchaus mit den bei uns angestellten Beobachtungen übereinstimmen und so zur Beleuchtung ihres Werthes beitragen.

Darwin sagt (S. 9): „Die Regenwürmer sind in England an vielen verschiedenen Stellen verbreitet. Ihre Exkremente befinden sich in ausserordentlicher Menge auf Viehweiden und auf Feldern mit Kalkboden, so dass sie die ganze Oberfläche bedecken, wo die Erde arm und das Gras kurz und dünn ist; aber sie sind fast ebenso zahlreich in einigen der Londoner Parks, wo das Gras gut wächst und der Boden reich zu sein scheint. Dagegen sind die Würmer auf demselben Terrain, ohne einen sichtbaren Unterschied in der Beschaffenheit der Erde, auf einem Fleck häufiger als auf dem anderen. Sie sind in gepflasterten Hofplätzen dicht an den Häusern massenhaft vorhanden, und es wird ein Beispiel angeführt, dass sie den Boden in einem sehr feuchten Keller durchbrochen haben. Ich habe Würmer in schwarzer Moorerde auf einem niedrig gelegenen Felde gesehen, aber sie sind in dem von den Gärtnern so hoch geschätzten, trockenen, braunen faserigen Torf[1]) ausserordentlich selten oder gar nicht vorhanden. Auf trockenen, sandigen oder kiesigen Strecken, wo ausser etwas Ginster, Farnkraut, grobem Gras und Moos nur Haidekraut wächst, ist kaum ein Wurm zu finden. Aber in vielen Gegenden von England, wo ein Fusspfad durch eine Haide läuft, wird die Oberfläche desselben mit einer dünnen unvollständigen Grasnarbe bedeckt. Ob dieser Unterschied in der Vegetation von dem Umstande herrührt, dass die grösseren Pflanzen durch Zerstampfen von Menschen und Thieren vernichtet, oder dass der Boden durch die Düngung der Thiere verbessert ist, weiss ich nicht, aber

[1]) Darwin meint offenbar damit den in der vorliegenden Schrift besprochenen, auf dem Trockenen gebildeten Torf.

auf solchen grasbewachsenen Stellen kann man oft Regenwurm-Exkremente finden. Auf einer Haide in Surrey, die sorgfältig untersucht wurde, befanden sich nur wenige Exkremente auf solchen Fusspfaden, wenn sie sehr steil waren; aber auf den ebeneren Flächen, auf die eine Schicht feiner Erde von den steileren Stellen hinabgeschwemmt und zu einer Dicke von ein paar Zoll zusammengehäuft war, fanden sich reichliche Wurmexkremente. Solche Stellen scheinen mit Würmern so übervölkert zu sein, dass diese genöthigt waren, einige wenige Fuss weit von dem grasbewachsenen Pfade in die Haide hinein zu dringen und hier waren Exkremente zwischen dem Haidekraut aufgeworfen; aber ausserhalb dieser Grenze war keine einzige ihrer Entleerungen zu finden. Ich glaube, dass eine, wenn auch nur dünne Schicht feiner Erde, welche wahrscheinlich lange einige Feuchtigkeit beibehält, jedenfalls zu ihrer Existenz nöthig ist, und das blosse Zusammendrücken der Erde scheint in einem gewissen Grade günstig für sie zu sein, denn sie sind oft in alten Kieswegen und Fusspfaden über Felder reichlich vorhanden. Unter Bäumen mit breiten Kronen findet man nur wenige Wurmexkremente zu gewissen Jahreszeiten, was wahrscheinlich davon herrührt, dass die Feuchtigkeit von den zahlreichen Wurzeln der Bäume aus dem Boden aufgesogen ist, denn solche Plätze sieht man nach den starken Regengüssen im Herbst von Entleerungen bedeckt; obwohl die meisten Gebüsche und Wälder viele Würmer beherbergen, fand sich doch in einem hohen und alten Buchenbestande im Park von Knole, wo der Boden unter den Bäumen von aller Vegetation entblösst war, selbst in den Herbstmonaten auf grossen Strecken keine Spur von Exkrementen; nichts desto weniger waren auf grasbedeckten Blössen und Niederungen in diesem Walde zahlreiche Entleerungen vorhanden.“ [1])

Man sieht, dass diese Mittheilungen über das Auftreten der Regenwürmer in Haidegegenden und Wäldern, soweit sie sich erstrecken, mit den bei uns gemachten Beobachtungen vollkommen übereinstimmen. Obwohl Darwin sich nicht besonders über den Einfluss ausspricht, den der Feuchtigkeitsgrad oder die Insolation der Oertlichkeit auf das Vorkommen der Regenwürmer ausüben, so erhellt es doch, abgesehen von der herangezogenen Stelle, zugleich

[1]) Auch an einem anderen Orte (p. 144—145) spricht er von einer Lokalität, wo die Regenwürmer in einem Buchenwalde fehlen.

aus anderen Punkten in seiner Abhandlung, dass Dürre ungünstig für sie sei.[1])

Dies geht jedoch noch deutlicher aus Perrier's Untersuchungen hervor. Nachdem er angeführt hat[2]), wie lange Regenwürmer in reinem Wasser leben können, wenn dasselbe öfters erneuert wird, um den Würmern Luft zuzuführen, theilt er einen Ausspruch von Williams mit, welcher diese Thiere für im wesentlichen Grade wie Wasserthiere gebaut ansieht, die einer „existence quasi terrestre" angepasst sind.

„Ich sage," fährt er fort, „quasi terrestre, denn diese Thiere können nur in einer Atmosphäre leben, die mit Feuchtigkeit gesättigt ist; Trockenheit ist ihnen ohne Vergleich schädlicher als vollständige Bedeckung mit Wasser; es genügt, sie einige Stunden der frischen Luft auszusetzen, um sie zu tödten. Alle, die aus dem Gefäss mit feuchter Erde, in welchem man sie bis ins Unendliche lebendig erhalten kann, entschlüpfen, sterben nach kurzer Zeit, und man kann sie auf dem Boden durchaus vertrocknet und hart wie Horn finden: eine Nacht reicht hin, um ihre vollkommene Vertrocknung zu bewirken." Man wird danach ohne Schwierigkeit begreifen, dass die Regenwürmer zu Grunde gehen müssen, wenn der Schirm des Waldes verschwindet und der Boden in langen warmen Perioden der Dürre durch unmittelbare Einwirkung von Sonne und Wind austrocknet; die durch die Torfbildung bewirkte grössere Feuchtigkeit in der Erdrinde während der feuchten Jahreszeit wird dem nicht abhelfen können.

Hensen's neueste Arbeit über die Regenwürmer ist im Wesentlichen kritischer Art und enthält nur wenige neue Beobachtungen, welche übrigens von bedeutendem Interesse für unsere Kenntniss von der Biologie dieser Thiere sind, aber hauptsächlich eine andere Seite ihrer Thätigkeit behandeln, als die, auf welche wir hier besonders unser Augenmerk gerichtet haben, nämlich die durch dieselben bewirkte Vertiefung des Grundes.

Dieser Verfasser schliesst sich ganz Darwin's und meiner Auffassung von der Bedeutung der Regenwürmer für die Mullbildung an, er richtet aber den Vorwurf gegen mich, dass ich, trotz der Untersuchungen Darwin's und trotz meiner eigenen Beobachtungen,

---

[1]) A. a. O. p. 12, 13, 164, u. ö.

[2]) A. a. O. p. 372.

namentlich über das Vorkommen der Regenwürmer in den Haidegestrüppen, wodurch „man den entschiedenen Eindruck gewinnt, als wenn doch schliesslich auf die Regenwürmer Alles ankomme," dennoch Bedenken trage, die Ansicht Darwin's anzunehmen, dass Mull eine durch den Darmkanal der Regenwürmer passirte, und von diesen Thieren hervorgebrachte Erde sei; er fügt hinzu, dass noch Niemand eine andere Bildungsart dieser lockeren Erdmischung nachgewiesen habe. Dabei übersieht Hensen zwei wichtige Momente.

Er macht sich erstens eines Anachronismus schuldig. Als ich es nämlich im Jahre 1878 für richtig hielt, ausdrücklich die Bedenken hervorzuheben, die gegen meine Erklärung[1]) angebracht werden könnten, lagen Darwin's neue Untersuchungen noch nicht vor, und meine eigenen Beobachtungen über das Auftreten der Regenwürmer im Eichengestrüpp waren noch nicht angestellt; sie wurden erst ein Jahr später veröffentlicht.[2]) Was in neuerer Zeit zur Erläuterung dieser Frage erschienen ist, hat bewirkt, dass man sich mit weit weniger Vorsicht und Zurückhaltung aussprechen darf, als ich es im Jahre 1878 für nöthig hielt, wenn ich auch festhalten muss, dass manch' wesentlicher Punkt, der diese Sache berührt, noch unaufgeklärt bleibt. Dies gilt namentlich von der Frage, ob die oberste Erdschicht, welche in dieser Schrift als Obergrund bezeichnet ist, und die von Darwin zum Theil zum Mull gerechnet wird, dadurch gebildet worden ist, dass die Würmer diese Schicht auf dem ursprünglichen Boden abgelagert haben, oder nur dadurch, dass die Würmer dieselbe bis ins Unendliche durchgearbeitet haben. Einige Lokalitäten, selbst bei einer bedeutenden Mächtigkeit des Obergrundes, sprechen vermöge der grossen Feintheilung der Erde und des Mangels an Steinen für die erstere Annahme, auf anderen erscheint diese ganz unhaltbar, und im Gegentheil die letztere nothwendig. So lange wir die Thätigkeit und Verbreitung der einzelnen Arten nicht näher kennen — wir können nämlich nicht mit derselben Leichtigkeit wie Darwin die daraus folgende Verschiedenheit in der Bildung der Erdkruste übergehen —, so lange wird ein wichtiges Moment zum Verständniss des Einflusses des Thierlebens auf die Beschaffenheit des Bodens unaufgeklärt bleiben. Aber dies berührt in keinem wesentlichen Grade die Frage, ob man überhaupt

---

[1]) Vergl. S. 78.

[2]) Nogle Träk af Skovens Naturhistorie u. s. w.

den Würmern eine entscheidende Bedeutung für die Bildung des lockeren Mulls beilegen müsse; denn diese Frage lässt sich sehr wohl klarlegen durch eine Untersuchung der Substanz selber, welche zeigt, dass natürlicher Mull vornehmlich aus frischen und zerfallenen Regenwurmexkrementen besteht. Dennoch glaube ich, dass Hensen im Irrthum ist, wenn er meint, dass sich kein anderer Ursprung der lockeren Mischung, welche man Mullerde nennt, nachweisen lasse, denn ich glaube sicher, dass man durch künstliche Bearbeitung ein ganz ähnliches Resultat erreichen kann. In den Baumschulen auf der Haide, wo es keine Regenwürmer giebt, und die in einer Reihe von Jahren durchgraben, gebracht und mit Mergel, Lehm, Torfasche und Lupinenerträgen gedüngt sind, ist die Oberfläche von einer Erdmischung gebildet, die anscheinend dem natürlichen Mull vollkommen ähnlich sieht.

Der zweite Punkt, auf den Hensen, wie mir scheint, weniger Gewicht gelegt hat, als er es verdient, ist der Umstand, dass meine Untersuchungen sich allein auf die verschiedenen Formen der natürlichen Erdkruste beziehen, die meines Wissens bisher noch nie ein Gegenstand derartiger Untersuchungen gewesen war. Darwin's erste kleine Abhandlung in den Schriften der Geological Society bezog sich nur auf ein paar sehr beschränkte Oertlichkeiten, die eine höchst eigenthümliche Behandlung erfahren hatten, und Hensen's eigene Abhandlung bezog sich nur auf die Erde in seinem Garten u. s. w., wogegen meine Untersuchungen sich über grosse Strecken der Wälder und Haiden Dänemarks in verschiedenen Provinzen ausdehnten, und nur solches Land umfassten, das, soweit sich ersehen liess, niemals von Menschenhänden bearbeitet worden war, und wo wir allein die annähernd ungestörte Natur vor uns hatten. Es ist daher wohl zu merken, dass Hensen's und Darwin's damals veröffentlichte Beobachtungen sich zwar, so wie ich es gethan habe, zur Stütze meiner Schlüsse, aber nicht als Beweis für ihre Richtigkeit anwenden liessen; dazu waren die Oertlichkeiten, die wir untersucht, und die Verhältnisse, unter denen wir gearbeitet hatten, gar zu verschieden. Dass das Vorhandensein oder der Mangel eines Thierlebens, namentlich von Regenwürmern, in den obersten Erdschichten die verschiedene Beschaffenheit derselben, oft in einer Tiefe von mehreren Fuss, bedingen und eine eminente Bedeutung für die Flora u. s. w. der betreffenden Gegend hat, dafür hatten weder Darwin noch Hensen irgend eine Beobachtung geliefert,

als meine Abhandlung im Jahre 1878 erschien. Ich hielt es daher für das Richtigste, die Behauptung von einer grossartigen und durchgreifenden Arbeit der Regenwürmer, da meines Wissens diese Sache bisher der Aufmerksamkeit Anderer entgangen war, nur mit Behutsamkeit hinzustellen.

Endlich zieht Hensen aus den von mir mitgetheilten Analysen von Regenwurm-Exkrementen und Erde einen Schluss, der auf das Gegentheil der von mir auf jene Analysen gebauten Resultate hinausgeht, wobei er mir zugleich vorwirft, dass ich einige ähnliche von ihm vorgenommene Analysen, die weit besser zur Stütze meiner Sätze angethan seien, mit Stillschweigen übergangen habe. Der hochgeehrte Verfasser thut mir hier wiederum Unrecht. Es geht deutlich aus dem Text meiner Schrift hervor, dass das Hauptgewicht darauf gelegt ist, dass ein Theil der Exkremente der Regenwürmer wirkliche Erde ist, mit demselben Verhältniss zwischen feineren und gröberen Elementen wie in dem natürlichen Boden, und ich habe es durchaus nicht auffallend gefunden, dass die Exkremente einen grösseren Glühverlust als die umgebende Erde enthielten, weil sie mit unverdauten harten Pflanzenresten, theils in Fasern, theils in Brocken förmlicher Pflanzentheile, wie Knospenschuppen u. dergl., die vermuthlich noch mehr macerirt sein müssen, ehe sie von dem Darm des Thieres vollkommen bearbeitet werden können, vermischt waren. Hensen hat durch seine Analysen etwas ganz Anderes feststellen wollen, nämlich dass Regenwurm-Exkremente dieselbe Menge organischen Stoffs wie der Mull enthalten. Da aber seine Erdproben aus einem Kartoffelbeet in einem Garten genommen waren, wo die Erde also von Menschenhänden stark bearbeitet war und demnach eine von dem von mir untersuchten natürlichen Buchenwaldboden weit verschiedene Lokalität darstellte, so hat diese Analyse für meine Schlüsse geringere Bedeutung gehabt. Die Exkremente dieser Thiere müssen je nach der Nahrung, welche die Oertlichkeit ihnen bietet, einen höchst verschiedenen Gehalt organischer Substanz haben, aber die unorganischen Bestandtheile in den Entleerungen müssen annähernd dieselbe Beschaffenheit wie die umgebende Erde haben, und darauf wollte ich durch die mitgetheilten Analysen die Aufmerksamkeit hinlenken.

Anwendung.

Bearbeitung des Bodens.

Abgesehen von den Verschiedenheiten, welche eine wechselnde Thon- und Kalkmenge auf die Beschaffenheit unserer alluvialen und diluvialen Erdschichten ausübt, lassen sich die Zustände, in welchen sich die Erdkruste unter natürlichen Verhältnissen befindet, im Grossen und Ganzen auf drei Haupttypen, den Mullboden, den mit Torf bedeckten und den von Humus entblössten Boden, zurückführen. Die letztgenannte Form der Oberfläche wollen wir im dritten Abschnitt dieser Studien[1]) näher betrachten und uns hier darauf beschränken, das, was wir in den vorliegenden beiden Theilen über die beiden ersten Formen gelernt haben, für die Anwendung in der Praxis zurecht zu legen.

Es war schon nach der ersten Studienreihe zu dem Schlusse Anlass, dass die Bearbeitung der Erdkruste durch das Thierleben von hervorragender Bedeutung für die Fruchtbarkeit des natürlichen Bodens sei, und der hier vorliegende zweite Abschnitt giebt unserer Meinung nach, ausser der Bestätigung des obigen Satzes, mehrere nicht unwesentliche Beiträge zu seinem näheren Verständniss.

Da die Bodenbearbeitung nur hinsichtlich des Verjüngungswerks als zur Methode der Waldwirthschaft gehörig betrachtet worden ist, hat der Forstmann ein mächtiges Mittel zur Entwickelung und Erhaltung der Fruchtbarkeit des Bodens entbehren müssen, was um so mehr ins Gewicht fiel, als der oberste Fuss des Bodens Veränderungen unterworfen ist, die kaum in demselben Umfange in der Ackererde stattfinden. Die oberste Erdschicht ist im natürlichen Boden die am leichtesten veränderliche, und zu ihrer richtigen Behandlung ist unserer Meinung nach sowohl eine eingehende Kenntniss des Ursprungs ihrer verschiedenen Formen und ihres Wesens, als auch ein hoher Grad von Feinheit und sicherem Takt bei der praktischen Anwendung erforderlich.

Unseres Wissens ist das Absorptionsvermögen der Walderde bisher nicht Gegenstand der Untersuchung gewesen, und was wir hier mitgetheilt haben, ist nicht umfassend genug, um mehr als Andeutungen zu geben; diese scheinen aber recht lehrreich zu sein.

---

[1]) Noch nicht veröffentlicht.

Man ersieht namentlich daraus, dass das Absorptionsvermögen des obersten Erdreichs in dem natürlichen Boden keineswegs ein sehr grosses ist, wie man dies gewöhnlich annimmt, und dass es in wesentlichem Grade an eine günstige Form der eingemischten humosen Stoffe, namentlich der neutralen und alkalischen humussauren Salze geknüpft ist. Jede Veränderung des guten lockeren Mulls muss im Absorptionsvermögen des Bodens und dadurch auch in seinem Gehalt an Pflanzennahrung, d. h. in seiner Fruchtbarkeit, gefühlt werden. Es giebt keinen Zeitpunkt im Leben des Bestandes, in welchem der Boden stärker angegriffen würde, als während der Verjüngung, und wir sehen desshalb auch so häufig, dass während dieser Periode durch ein rücksichtsloses Verfahren ein fruchtbarer Waldboden in eine Kulturfläche verwandelt wird, bei der es die grösste Anstrengung erfordert, bis sie wieder mit einem guten, geschlossenen Bestande bewachsen wird. Dazu trägt die aus den Veränderungen im regelmässigen Gang der Humifikation sich ergebende Beschränkung des Absorptionsvermögens gewiss in nicht geringem Grade bei.

Während wir, wie oben bemerkt, unsere Studien über die Oertlichkeiten, auf denen die aus einer unvorsichtigen Entblössung des mullartigen Bodens sich ergebende Veränderung eine zu rasche Zersetzung der humosen Bestandtheile der Erde herbeiführt, in einem dritten Abschnitt niederzulegen gedenken, wollen wir hier diejenigen, auf welchen die Veränderung hauptsächlich in einer grösseren Entwickelung von Humussäure besteht, näher betrachten.

Diesen Verlauf nimmt die Umbildung vornehmlich auf einem solchen Boden, der arm an Kalk ist, wie die allermeisten unserer sandigen Waldländereien, welche ihrer ursprünglichen Beschaffenheit zufolge wegen Mangels an eisenhaltigem Thon kein hohes Absorptionsvermögen besitzen, oder endlich auf denjenigen Stellen, wo jener Stoff durch Auswaschung sehr an Menge verringert worden ist. Solche Ländereien also, welche der Torfbildung am meisten ausgesetzt sind, werden das am schwächsten absorbirende Erdreich und damit auch den ärmsten Boden für die jungen Pflanzen abgeben. Diese Erkenntniss zeigt aber dem Praktiker den Weg zur Abhülfe des Mangels, denn eine Düngung mit Kalk wird die Entwickelung freier Humussäure beschränken oder hemmen, und eine tiefe Bearbeitung, wie z. B. durch Rajolpflügen, wird der Erdkruste stärker absorbirende Elemente zuführen.

Die Bearbeitung selbst aber wird das sicherste Mittel zur Ver-

hinderung der Bildung von freier Humussäure sein, da die torfartige Humifikation sich nur bei Absperrung der Luft vollzieht, und wo man es nicht mit mächtigen, sterilen Bleisandschichten zu thun hat, da wird gewiss die Bearbeitung allein hinreichen, das Absorptionsvermögen und damit eine wichtige Seite der Fruchtbarkeit des Bodens zu erhalten. Das bekannte günstige Resultat, das sich in der Regel ergiebt, wenn man Walderde vor der Ansamung oder Bepflanzung bracht und bearbeitet und eine oder ein paar Kornernten darauf erzielt, oder wenn man die Erde zwischen den Pflanzenreihen bearbeitet, muss auf magerem Boden gewiss zum Theil diesem Verhältniss zugeschrieben werden. Wo schon minder stark entwickelte Torfbildungen in den zu verjüngenden Buchenbeständen vorhanden sind, da kann kaum ein einigermassen befriedigendes Resultat erreicht werden, ohne mehrmals wiederholte Bearbeitung in Verbindung mit Kalkdüngung, wie dies in einzelnen unserer Forstdistrikte geschieht.[1])

Die Bearbeitung ist aber nicht nur nothwendig zur Erhaltung der Fruchtbarkeit des Bodens, sondern auch um den Boden für die Bäume, deren Wurzeln eine lockere Erde zu ihrem Wachsthum erfordern, bewohnbar zu machen.

Wir haben gesehen, in wie hohem Grade die Konsistenz der Erde sich verändert, sobald die sie bearbeitende Regenwurmbevölkerung verschwindet. Wenn der Boden 5—10 Procent Lehm oder mehr enthält, kann der Obergrund bis zur Erdkruste hinauf, wie oben bemerkt, so hart wie Thonortstein werden, jedenfalls aber ist er sehr dicht und fest. Dies sieht man bekanntlich bald an den Bäumen, die bald wipfeldürr werden und zu kränkeln beginnen. Wenn die Festigkeit des Obergrundes einen höheren Grad erreicht, so sterben die tiefer gehenden Wurzeln der Bäume allmählich immer mehr ab, bis dieselben sich mit der Zeit nur in der allerobersten Erdkruste ausbreiten, oder wie in Buchen- und Fichtenbeständen auf alten mächtigen Torfschichten sich fast ganz oben auf der Erde in den eigenen Abfallmassen des Waldes hinziehen. Auf dem mageren Sande, der nur einige wenige Procent Thon enthält, erreicht der Boden nicht den Grad der Festigkeit wie in dem lehmreicheren, aber hier baut der Humusortstein seine feste, der Feuchtigkeit und

---

[1]) H. C. Ulrich, Om Jordbundsbearbeidning og Besaaning ved den naturlige Bögeforyngelse (Tidsskr. f. Skovbr. Bd. III p. 175).

den Pflanzenwurzeln fast undurchdringliche Decke über dem Untergrunde und zwingt die Baumwurzeln, sich mit dem sterilen Bleisande und dem sauren Torffilz zu begnügen. Endlich sehen wir an den Stellen, an welchen der Thonortstein eine grosse Festigkeit erreicht und nahe an die Oberfläche herantritt, so dass er die Tiefe des vegetationtragenden Erdreichs in fühlbarem Grade beschränkt und namentlich den Wurzeln den Zutritt zu den tieferen Schichten abschneidet, dass selbst eine mit gutem Mull versehene Oberfläche nicht genügt, um eine kräftige Vegetation hervorzurufen, denn die Bäume verkümmern hier, wie wir gesehen haben, ganz, ebenso wie auf dem torfbedeckten und ortsteinführenden Boden. Die Vegetation giebt an solchen Stellen ein Zeugniss von der Richtigkeit der Resultate namentlich von Hensen's Untersuchungen, wodurch es zu einem hohen Grad von Wahrscheinlichkeit gebracht ist, dass die Baumwurzeln sich nicht selbst einen Weg hinunter zu den festeren Schichten des Untergrundes zu bahnen vermögen, sondern den Gängen des Regenwurms folgen, um in die Tiefe hinab zu dringen, und also die Bearbeitung des Untergrundes durch diese Thiere nicht entbehren können.

Aus Allem, was jetzt über die natürliche Beschaffenheit des Bodens und das Verhältniss der Waldvegetation zu den verschiedenen Formen desselben, sowie zu der Verbreitung und Thätigkeit der Regenwürmer vorliegt, gewinnt man also das entschiedene Resultat, dass bisher ein sehr wesentliches Moment in der Waldbau-Lehre übersehen worden ist, indem die fortgesetzte Bearbeitung des Bodens nicht unter die vornehmsten Faktoren zur Förderung der Fruchtbarkeit der Walderde mit aufgenommen wurde.

Der Einfluss der Bearbeitung auf den Baumwuchs ist von so durchgreifender Bedeutung, dass er unmöglich dem Auge der Praktiker entgehen konnte; er ist auch schon längst wahrgenommen, aber kaum richtig aufgefasst worden, weshalb man ihm irreleitende Bezeichnungen gegeben hat. Es ist, wie schon bemerkt, vollkommen anerkannt worden, dass Alles, was Schutz und Beschattung fördert, zugleich zur Erhaltung der Laubdecke dient, und da die geschützten Oertlichkeiten unter der deckenden Schicht der jährlichen Abfallmasse des Waldes in der Regel ein vorzügliches Feld für die Thätigkeit der Regenwürmer darbieten, so finden sich hier auch die Hauptlagerungsstellen des fruchtbaren, lockeren Mulls.

So alt diese Erkenntniss ist, so fruchtlos sind doch die Ver-

suche gewesen, eine befriedigende Erklärung der Erscheinung zu finden. In der letzteren Zeit sind durch vortreffliche Untersuchungen, namentlich von Ebermayer und Wollney, Erklärungen über den merkwürdig fruchtbarmachenden Einfluss der Laubdecke auf die Walderde beigebracht worden, und man hat die Ursachen desselben immer in den leblosen Kräften, dem Einfluss der Laubdecke auf die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens, dem Reichthum an Pflanzennahrung u. s. w. gesucht. Wie grosse Bedeutung aber diesen Untersuchungen auch beigelegt werden muss, und wie viele interessante Fragen sie auch erläutert haben, so haben sie doch den Hauptpunkt der Erscheinung, nämlich die Erhaltung des lockeren Zustandes im Obergrunde, nicht berührt; eine Betrachtung des torfbekleideten Waldbodens, der noch weit besser geschützt ist als der mullbekleidete, ohne jedoch die guten Eigenschaften des letzteren zu besitzen, zeigt hinreichend deutlich, wie schwierig es ist, die Resultate zu generalisiren, zu welchen die genannten Verfasser hinsichtlich des günstigen Einflusses gekommen sind, den die Bedeckung des Bodens mit einer Schicht von abgestorbenen Pflanzenresten ausübt. Wir glauben, dass jetzt genügendes Material zu der Annahme vorliegt, dass nicht der direkte physikalische Einfluss, sondern die auf der geschützten Oertlichkeit sich vollziehende Bearbeitung des Bodens die Hauptsache seiner Fruchtbarkeit ist; und durch diese Erklärung scheint sowohl für das theoretische Verständniss der Erscheinung, als für ihr Verhältniss zur Praxis nicht wenig gewonnen zu sein.

Wird also nach unserer Auffassung die Bodenbearbeitung eins der wirksamsten Mittel des rationellen und intensiven Waldbaues, um die Fruchtbarkeit der Walderde zu fördern und zu erhalten, so muss sie auch ins Werk gesetzt werden, sie muss ein Glied der gewöhnlichen forstlichen Praxis bilden. Das wirksamste Mittel dazu ist ohne Zweifel die Beschützung und Entwickelung der Erdfauna, wodurch man eine Pflege des Bodens gewinnt, welche der Brache, Häufelung und Lockerung der Oberfläche beim Ackerbau, sowie dem Pflügen des Untergrundes oder dem Rajolen der tieferen Schichten entspricht. Leider wissen wir bis jetzt so wenig über die Verbreitung und die Lebensweise der Regenwurmarten, dass die Theorie im gegenwärtigen Augenblick der Praxis auf sehr viele Fragen die Antwort schuldig bleiben muss, es ist aber hier ein reiches Feld für forstliche Versuche, die nicht ausserhalb des Bereichs des denkenden Praktikers liegen; die Lehre von der Bodenpflege des Waldes wird

schwerlich wesentliche Fortschritte machen, wenn nicht die Rücksicht auf die natürliche Bearbeitung in den Kreis der Versuche mit hineingezogen wird.

Schutz, Schatten, Deckung für den Boden und Frische in demselben sind, nach Allem, was wir bis jetzt darüber wissen, die Hauptbedingungen des Lebens und der Thätigkeit der Regenwürmer, und darauf muss der praktische Forstmann in höherem Grade als früher sein Augenmerk concentriren und zwar um so stärker, je mehr der Boden dem Verlust dieser Eigenschaften ausgesetzt ist. Beschützung der Waldsäume, Pflanzungen zur Deckung der offenen Waldmoore, Bedeckung der kleinen offenen Flecke in den Beständen durch Einpflanzungen, wenn auch diese selber keinen direkten Gewinn bringen sollten, Belegung der schutzlosen Stellen mit Reisig, welches das Laub auffangen kann, all' diese Veranstaltungen sind wohlbekannt und werden an vielen Orten angewandt, um die Fruchtbarkeit des Waldbodens zu erhalten. Aber die Kenntniss von der Beschaffenheit der Erscheinung hilft dazu, die Mittel mit grösserer Kritik anzuwenden. So kommen in unseren Beständen sehr häufig offene Stellen vor, wo eine nähere Untersuchung des Bodens zeigen wird, dass solche Schutzarbeiten überflüssig sind, und es giebt wiederum andere, auf denen, wie Erfahrungen und Beobachtungen zeigen, dieselben durchaus nicht hinreichen.

Auf frischem, namentlich lehmigem Boden sind die offenen Stellen und die Säume der Bestände, besonders an der Nordseite derselben mit einer üppigen Vegetation krautartiger Pflanzen, namentlich von Gräsern bedeckt, und eine nähere Untersuchung ergiebt, dass der Boden mit Regenwurmexkrementen bedeckt ist und sich überhaupt in einem physikalisch günstigen Zustande befindet. An solchen Stellen würden Schutzmittel, um die Bearbeitung des Bodens zu fördern, offenbar überflüssig sein.

Wo der Boden dagegen leichter, hoch gelegen und dem Austrocknen ausgesetzt ist, da wird sich oft auf mangelhaft bewachsenen Stellen, namentlich wenn Wind und Sonne Zutritt erhalten können, eine spärliche Vegetation zeigen, in welcher die Moose einen hervorragenden Platz einnehmen, und die Oberfläche wird von einer schwach beginnenden Torfbildung Zeugniss geben. Bleiben diese Stellen sich selbst überlassen, so wird die Entwickelung des Torfs zum Verderben des Waldes weiter vorschreiten, die verarmten Stellen werden sich ausdehnen und der Schaden oft grosse Dimensionen annehmen. Es

kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass der aufmerksame Forstwirth, der auf dem ersten Stadium dieser Bildungen den Boden mit Reisig belegt, oder wo es thunlich ist, eine Unterkultur vornimmt, welche nur dazu dienen soll, das Laub zu sammeln und Deckung zu beschaffen, der weiteren Ausbreitung des Uebels wehren kann; bei einer grösseren Entwickelung desselben genügt aber dies kaum mehr. Es ist eine Frage, die nur durch Versuche entschieden werden kann, ob eine wirklich begonnene Torfbildung sich durch eine oberflächliche Bearbeitung des Bodens, möglicherweise in Verbindung mit Kalkdüngung und darauf folgender Bedeckung mit Reisig, heben lässt. Damit dieses Verfahren zum Ziele führen könne, ist es erforderlich, dass die Einwanderung von Regenwürmern möglich ist, dass die Torfbildung sich also nur stellenweise entwickelt hat, da man sonst nur die Torfschicht vergrössert oder zur Bildung des nicht viel besseren Insektenmulls Anlass giebt, indem man die Schicht der organischen Abfälle wachsen macht. Ob es praktisch möglich ist, an solchen Stellen Regenwürmer, namentlich den grossen *Lumbricus terrestris*, einzuführen, wie Hensen dies anräth, will ich dahingestellt sein lassen, es ist aber jedenfalls zu empfehlen, Versuche in dieser Beziehung anzustellen.

Ist die Torfschicht zu grösserer Mächtigkeit entwickelt und nimmt diese Bildung grössere Strecken ein, so sind nach den vorliegenden Wahrnehmungen solche Veranstaltungen, durch welche man Regenwürmer herbeizuziehen sucht, ganz ohne Bedeutung. Wir haben gesehen, dass die Torfschichten trockener Oertlichkeiten die Abfallreste von Jahrhunderten enthalten können und dass selbst ein achtzigjähriger, geschlossener Fichtenbestand den Ort nicht für Regenwürmer bewohnbar macht. Will man hier den Boden zu seinem ursprünglichen Fruchtbarkeitszustand zurückführen, so muss man mit einer tiefgehenden Bodenbearbeitung, gleich der, welche jetzt in den Haiden vorgenommen wird, eingreifen, indem man dadurch theils die Torfschicht destruirt, theils den Bleisand mit absorbirenden Elementen des Untergrundes mischt und theils den Ortstein zertheilt und auslüftet.

Die gründliche Bearbeitung des Bodens, wie sie jetzt in den Haiden gewöhnlich als Vorbereitung für die Baumpflanzung vorgenommen wird, stimmt ganz mit den praktischen Anweisungen, welche den oben mitgetheilten Beobachtungen entnommen werden können, überein, und die einige Jahre lang fortgesetzte Bestellung mit

Getreide, die von der Haidekultur-Gesellschaft hie und da vor der Anpflanzung angewandt wird, wo es sich eben thun lässt, erhöht die Wirkung jener Veranstaltung sicher in hohem Grade. Aber es ist noch eine unentschiedene Frage, ob der günstige Zustand, in den der Boden dadurch gebracht wird, ohne fortwährende Wiederholung der Bearbeitung sich auf die Dauer erhalten kann, und es wird dies nicht möglich sein, wenn man nicht dieselbe Erdfauna, die jetzt seit Jahrtausenden den Gestrüppmull vor dem Verfall bewahrt, in dem Boden hervorrufen kann. Bei der grossartigen und talentvollen Thätigkeit im Anpflanzen, die man jetzt in Jütland entfaltet, wird man hoffentlich nicht unterlassen, Versuche in dieser Beziehung anzustellen, zumal da man schon vollständig erkannt hat, dass die gründliche Bodenbearbeitung zwar im Stande ist, die Bäume rasch ins Wachsthum zu bringen, aber nicht verhindern kann, dass die Pflanzungen nach Verlauf von fünf bis zehn Jahren nicht mehr gedeihen und wenigstens eine Zeit lang ein kränkliches Aussehen annehmen; ja es liegen sogar unzweifelhafte Erfahrungen vor, dass eine erneuerte künstliche Bearbeitung des Terrains einen solchen Bestand wieder zu neuem Wachsthum bringen kann, ohne dass die Wirkung der zum zweiten Mal ausgeführten Arbeit von längerer Dauer wäre, als die der ersten.

Begründung der Bestände.

Praktische Verhältnisse und namentlich ökonomische Rücksichten setzen der Anwendung der Winke für die direkte und indirekte Bodenbearbeitung, welche den hier mitgetheilten Studien entnommen werden können, und die im vorigen Abschnitt kurz skizzirt wurden, oft unüberwindliche Schranken. Namentlich wegen dieser praktischen und ökonomischen Hindernisse ist die Anregung zur Ausarbeitung solcher detaillirteren Anweisungen für die Praxis keine sehr grosse, weshalb es auch räthlich erscheint, dieser „Anwendung“ der ausgeführten Studien die Form eines Vorschlags zur Erwägung, zu Versuchen und zu Beobachtungen für den praktischen Forstwirth zu geben; und derselbe Charakter muss den Ansichten über die für die Erhaltung der Lockerheit des Bodens günstigsten Formen der Bestände auf verschiedenen Oertlichkeiten beigelegt werden.

Auf dem lehmigen und frischen Boden wird es, wie auch die Erfahrung lehrt, verhältnissmässig leicht sein, durch die oben angeführten wohlbekannten Schutzmittel die Erdfauna zu erhalten und

sich die Wirkung ihrer fortgesetzten Thätigkeit zu sichern. Die Gefahren, denen man sich hier durch unvorsichtiges Lichten und während der Verjüngung aussetzt, bestehen theils darin, dass der Boden wegen der ungewohnten Einwirkung der Sonne von Mull entblösst wird, theils in einem Ueberhand nehmenden Graswuchs, aber keine dieser Erscheinungen gehört zu denen, welche Gegenstand der vorliegenden Behandlung sind.

Sobald man es aber mit einem leichteren Boden, und zugleich, wie es in unserem Lande oft der Fall ist, mit hügeligem Terrain zu thun hat, so wird man, wenn man solche Waldlokalitäten aufmerksam beobachtet, bald bemerken, was der erfahrene Praktiker auch sehr wohl weiss, dass die sogenannte Bodenverarmung immer und immer wieder durchblickt. Strecken mit üppiger Waldvegetation auf lockerem Boden werden von Stellen mit fester Oberfläche und ärmlichem Baumwuchs unterbrochen; der Boden ist hier nicht in einem so gesicherten Zustande der Fruchtbarkeit wie in einem reicheren und frischeren Gelände, obgleich mancher in vortrefflichem Wachsthum befindliche Horst in einer auf den ersten Blick unerklärlichen Weise bezeugt, dass der Boden eine kräftige Vegetation tragen *kann*. Der Praktiker weiss sehr wohl, dass er auf solchem Boden die grösste Vorsicht, namentlich bei der Verjüngung, anwenden muss, damit nicht die stellenweise auftauchende Gefahr in verhältnissmässig kurzer Zeit grosse Strecken erobere; namentlich in unseren Buchenwäldern lassen sich diese Wahrnehmungen machen, aber auch in den Fichtenwäldern zeigen sich analoge Verhältnisse. Es ist nun die Frage, ob die Formen unserer Bestände und unsere Verjüngungsmethoden sich nicht auf solche Weise modifiziren lassen, dass wir besser im Stande sind, uns die fortgesetzte Bearbeitung des Bodens zu sichern und dadurch seine Fruchtbarkeit zu bewahren.

Wir haben gesehen, dass verschiedene Formen von Beständen nicht in demselben Grade im Stande sind, auf die Dauer die bearbeitende Erdfauna zu bewahren; diese hat sich auf dem magersten Boden Jahrtausende hindurch in den Eichenwäldern erhalten und kann sich wahrscheinlich auch lange Zeit hindurch in Kiefernwäldern erhalten, während offenbar einige wenige Waldgenerationen von Buchen, möglicherweise auch von Fichten, genügen können, sie zu vernichten. Die nächste Anweisung, die sich diesen Beobachtungen entnehmen liesse, wäre wohl die, dass man sich auf einem Boden, der noch mullartig, aber seiner Beschaffenheit zufolge der Torf-

bildung sehr ausgesetzt ist, sich vorzugsweise an den Bau solcher Holzformen hielte, welche am leichtesten den Boden in seinem lockeren Zustande erhalten können. Allein dies Programm hat offenbar nur wenig Aussicht auf praktische Anwendung, da der Charakter der Bestände in Kunstwäldern namentlich von ökonomischen Momenten abhängt, und es muss daher, um brauchbar zu werden, bedeutende Modifikationen erleiden.

In dieser Beziehung scheint mir eine passende Mischung von vorzüglichem Nutzen zu sein. Wenn man auf einem solchen Boden, wie der hier in Rede stehende, die grossen einförmigen Buchenverjüngungen durch horstenweise eingesprengtes Lichtholz wie Eichen oder Kiefern unterbräche, worunter den Boden beschützende Gesträuche oder Holzarten einwandern oder angebracht werden könnten, so würde man, wenn solche Gruppen wenigstens $^1/_4$ bis $^1/_2$ vom Areal des Bestandes einnähmen, einen vortrefflichen Bodenschutz erzielt und eine Menge so zu sagen uneinnehmbarer Plätze für die Erdfauna beschafft haben, ohne den Bau der Hauptholzart aufzugeben. Es ist nicht schwer, sich bei Wanderungen in unseren Wäldern vom Nutzen einer solchen Mischung zu überzeugen; denn da, wo grössere Buchenbestände auf leichterem Boden hie und da durch Gruppen von Eichen unterbrochen werden, wird sich auch der Boden im Buchenwalde in einem besseren Zustande zeigen, als auf den nicht gemischten Arealen. Die Waldform würde mit den durch die schachbrettförmigen Verjüngungen von Buchen und Eichen hergestellten gemischten Beständen Aehnlichkeit bekommen, wie man sie in den berühmten gemischten Eichen- und Buchenwäldern im Spessart angelegt hat, deren Boden gerade von ähnlicher Beschaffenheit ist wie unser leichter, ziemlich schwach lehmiger Waldboden, und der deshalb auch an vielen Stellen in den reinen Buchenbeständen beginnende Torfbildungen zeigt.

Es ist ferner ein naheliegender Schluss, dass, je mehr der Boden sich der Torfbildung ausgesetzt zeigt, die Buchenverjüngung um so vorsichtiger und energischer ausgeführt werden müsse. Dieselbe muss sich demnach mittelst kleiner Kulturareale und einer raschen Bepflanzung der nicht natürlich verjüngten Flecke, soweit der Betriebsplan es gestattet, sich den Verjüngungen in den mit Plenterhieb bewirthschafteten Wäldern nähern, in denen bekanntlich die Verjüngungsarbeit weit leichter als in grossen, auf einmal eröffneten Kulturarealen von Statten geht. Die französische, sehr langsam und

vorsichtig ausgeführte Buchenverjüngung und die moderne deutsche Vorverjüngung, welche dem französischen Verfahren sehr ähnlich ist, bezwecken beide, den Uebergang bei der Verjüngung so unmerklich wie möglich zu machen. Dadurch bewahrt erfahrungsmässig der Boden am besten seinen lockeren Zustand, der Aufenthaltsort der Erdfauna verändert in keinem wesentlichen Grade seinen Charakter, und die Verjüngung selbst wird dadurch sicherer.

Auf den ausgebildeten alten Torfschichten in den Buchenwäldern, namentlich an solchen Stellen, wo etwas Thon im Boden zur Festigkeit desselben beiträgt, ist eine so umfassende Bearbeitung erforderlich, um wieder ein lockeres mullartiges Erdreich zu beschaffen, dass die Praxis sich nirgends auf die Ausführung einer solchen Arbeit einlassen kann. Hier muss die Forstkultur sich auf Holzarten mit oberflächlichem Wurzelsystem, namentlich auf die Fichte, welche im Buchentorf recht gut wächst, beschränken, ein Weg, den die Praxis bei uns auch schon längst eingeschlagen hat, indem die Verbreitung der Fichte in unseren Wäldern mit magerem Boden in grossen Zügen gerade den Umfang der Strecken angiebt, auf welchen die gedachte Umbildung des Bodens, von einem lockeren in einen oft sehr festen Zustand, eine Reihe anderer Holzarten ausschliesst.

Einige chemische und physikalische Untersuchungen des Bodens in Wäldern und Haiden.

Von

C. F. A. Tuxen.

Als Fortsetzung der in dem ersten Abschnitt der vorliegenden Schrift mitgetheilten Untersuchungen des Bodens in Buchenwäldern habe ich auf Wunsch des Dr. Müller die nachstehend mitgetheilte Reihe von Stoffbestimmungen und Absorptionsversuchen vorgenommen. Es sind Untersuchungen von 11 Erdprofilen aus den verschiedenen Gegenden des Landes vorgenommen worden und mit den früher mitgetheilten Angaben über 11 andere Stellen liegen also in diesen beiden Abschnitten im Ganzen, ausser einer nicht geringen Zahl partieller Stoffbestimmungen, umfassendere Untersuchungsreihen von 22 verschiedenen Oertlichkeiten in den Wald- und Haidegegenden des Landes vor. Da die gedachten Stoffbestimmungen indessen schon in die Schrift des Dr. Müller aufgenommen sind, werden sie hier nicht wiederholt. Der Zweck der von mir vorgenommenen Untersuchungen war, die erforderliche, auf chemischem Wege gewonnene Grundlage für die in der Abhandlung über Mull und Torf in Eichenwäldern und auf Haiden enthaltenen Studien zu liefern, und es ist demnach für mich kein Anlass, die Resultate der Untersuchungen anzugeben, da sie dort schon entwickelt sind. Ich will deshalb nur anführen, dass die untersuchten Erdproben mir von Dr. Müller geliefert und dass die unten mitgetheilten Beschreibungen der verschiedenen Oertlichkeiten von ihm abgefasst sind. Die laufenden Nummern der Pro-

file bezeichnen die Untersuchungen als eine unmittelbare Fortsetzung der zum ersten Abschnitt der Schrift gelieferten analytischen Arbeiten ähnlicher Art.

Die mir gestellte Aufgabe war, das Absorptionsvermögen in den Erdschichten, welche unter den von Dr. Müller aufgestellten verschiedenen Formen humoser Ablagerungen vorkommen, zu bestimmen. Die Absorptionsversuche sind deshalb die Hauptsache, und die mitgetheilten mechanischen und chemischen Bestimmungen sollen nur dazu dienen, in schärferer Weise als es die Beschreibung nach der blossen Okularuntersuchung vermochte, die Diagnose des Versuchsmaterials zu stellen. Die Ausdehnung, welche bei jedem Profil der mechanischen und chemischen Analyse gegeben wurde, ist nach dem von Dr. Müller in jedem Fall darüber ausgesprochenen Wunsch bestimmt, und ihr Charakter deshalb mehr in seiner Untersuchung als in der Aufgabe, deren Lösung ich übernommen hatte, begründet.

Die Absorptionsversuche sind auf die von Knop angegebene Weise angestellt und es sind 50 Gramm Feinerde zu einer Auflösung von 100 Kubikcentimeter gebraucht. Die Resultate sind in den nachstehenden Listen — theoretisch etwas unkorrekt — zu dem Quantum umgerechnet, welches 100 Theile steinfreier Erde aus einer Auflösung von 100 Kubikcentimeter absorbiren können. Die Uebertragung von Feinerde zu steinfreier Erde ist selbstverständlich durch einfache Verhältnissrechnung ausgeführt, nachdem die Feinerde in jeder Probe bestimmt war.

Bei den Versuchen mit Ammoniak wurde eine Auflösung von Chlorammonium angewendet, welche 0,233 Gramm Ammon in einer Auflösung von 100 Kubikcentimeter entsprach. Zur Bestimmung der Kaliabsorption ist eine Auflösung benutzt, welche in 100 Kubikcentimeter 0,471 Gramm Kali enthielt. Bei der Phosphorsäurenabsorption ist eine Auflösung neutralen phosphorsauren Natrons angewendet, welche 0,352 Gramm Phosphorsäure in 100 Kubikcentimeter der Auflösung enthielt.

Bei den angeführten Schwemmungsanalysen bezeichnet „Kies“ die Skeletttheile, welche eine Grösse von 1—2 Millimeter haben, „grober Sand“ diejenigen, welche über, und „feiner Sand“ diejenigen, welche unter der Grösse von $\frac{1}{3}$ Millimeter sind.

Mullartige und lehmige Waldböden.

Profil XII. Gelsskov, 1. Kopenhagener Forstdistrikt (Seeland). Nordseite des Gels Hügels; schwache Böschung, frei von stehender Feuchtigkeit. Sehr hübscher, 60—70jähriger Buchenwald in vortrefflichem Wachshtum. Dreizölliger dunkler Mull; 21zölliger, sandiglehmiger Obergrund; 12zölliger, nicht stark ausgeprägter Thonortstein. Die Proben sind in der Nähe des Profils III (1. Abschnitt S. 111) auf einer Oertlichkeit von ganz gleicher Beschaffenheit herausgenommen.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Abstand der untersuchten Bodenschichten von der Oberfläche			
	4—8 Zoll	12—22 Zoll	27—33 Zoll	36—42 Zoll
Kies	0,90	1,00	1,21	1,11
Grober Sand	8,90	9,00	10,19	8,39
Feiner Sand	65,35	66,32	53,72	50,09
Thon	17,10	17,32	26,20	32,00
Humus	1,35	0,56	0,22	0,21
Chemisch gebundenes Wasser	1,93	1,64	2,62	1,82
Hygroskopisches Wasser	2,53	1,60	1,50	2,50
Eisenoxyd	1,49	1,97	2,24	1,96
Thonerde	0,45	0,59	2,10	1,92
Im Ganzen Feinerde	90,20	90,00	88,66	90,50

100 Theile steinfreier Erde haben absorbirt:

Ammon	0,074	0,040	0,088	0,123
Kali	0,077	0,019	0,099	0,215
Phosphorsäure	0,173	0,173	0,163	0,159

Profil XIII. Dieselbe Oertlichkeit wie Profil XII. Die untersuchten Erdproben sind eine Mischung von dreien, die aus drei in einem Abstand von ca. 10 Ellen von einander gegrabenen Löchern

genommen waren. Die Proben wurden aus den Löchern genau in derselben Tiefe genommen, dann die zu denselben Schichten gehörigen sorgfältig gemischt, und dieser Mischung die Versuchserde entnommen. Der Thonortstein begann hier in einer Tiefe von 14—16 Zoll.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Abstand der untersuchten Bodenschichten von der Oberfläche		
	0—4 Zoll	4—8 Zoll	8—12 Zoll
Kies	1,23	1,63	2,61
Grober Sand	15,00	9,43	10,83
Feiner Sand	66,42	65,80	60,44
Thon	9,29	16,75	17,99
Humus Chemisch gebundenes Wasser	3,71	2,91	2,50
Hygroskopisches Wasser	2,31	1,30	2,80
Eisenoxyd	1,66	1,82	2,30
Thonerde	0,38	0,36	0,53
Im Ganzen Feinerde	83	90	87

100 Theile steinfreier Erde haben absorbirt:

Ammon	0,047	0,042	0,024
Kali	0,081	0,086	0,063
Phosphorsäure	0,154	0,219	0,230

Profil XIV. Store Hareskov, 2. Kopenhagener Forstdistrikt (Seeland). Flaches, gut entwässertes Terrain. Geschlossenes, dreissigjähriges Buchenstangenholz in gutem Wachsthum. Zweizölliger, dunkler Mull; 17 zölliger, graugelber, lockerer, sandiger Obergrund; 19zölliger, sehr fester, überwiegend weissgrauer, oben lehmig-sandiger, tiefer unten kiesiger und steiniger Thonortstein. Das Profil entspricht ganz dem im 1. Abschnitt S. 109 beschriebenen Profil I und

befand sich in demselben Bestande in geringer Entfernung von diesem Profil.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Abstand der untersuchten Bodenschichten von der Oberfläche			
	0—2 Zoll	2—6 Zoll	6—10 Zoll	10—20 Zoll
Kies	2,62	4,41	3,81	5,43
Grober Sand	18,43	20,19	10,68	12,45
Feiner Sand	51,38	54,95	62,26	61,95
Thon	10,80	11,21	13,42	12,60
Humus	6,43	1,44	0,85	0,18
Chemisch gebundenes Wasser	0,89	0,67	0,83	0,88
Hygroskopisches Wasser	7,35	4,23	3,15	2,11
Eisenoxyd	0,96	1,16	2,08	2,32
Thonerde	1,14	1,74	2,92	2,08
Im Ganzen Feinerde	78,95	75,40	85,51	82,12

100 Theile steinfreier Erde haben absorbirt:

Ammon	0,061	0,048	0,047	0,038
Kali	0,040	0,062	0,014	0,038
Phosphorsäure	0,032	0,043	0,077	0,167

Torfbedeckter, lehmiger Waldboden.

Profil XV. Strandskov, Teglstruper Gehege, 1. Kronborger Forstdistrikt (Seeland). Hochliegendes, hügeliges Plateau. Alter, offener Besamungsschlag, ca. 200jähriger Buchenwald mit niedrigen, wipfeldürren Bäumen. Zwei- bis dreizölliger, fester, zäher, blätteriger Torf, vier- bis fünfzölliger, weissgrauer Bleisand und vier- bis fünfzöllige, feste Rotherde. Der Untergrund sandiger Lehm. Die untersuchte Lokalität entspricht ganz den Profilen VII und VIII (1. Abschnitt S. 115 und 116) und lag in demselben Bestande wie diese.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Bleisand	Ortstein	Untergrund
Kies	5,30	7,00	10,40
Grober Sand	17,70	22,75	22,81
Feiner Sand	57,95	40,19	42,56
Thon	16,23	21,50	19,52
Humus	0,54	2,85	0,50
Chemisch gebundenes Wasser	0,64	0,88	0,86
Hygroskopisches Wasser	1,38	3,29	1,34
Eisenoxyd	0,12	0,80	1,02
Thonerde	0,14	0,74	0,99
Im Ganzen Feinerde	77,00	70,25	66,79

100 Theile steinfreier Erde haben absorbirt:

Ammon	0,013	0,045	0,021
Kali	0,084	0,158	0,112
Phosphorsäure	—	0,185	0,076

Torfbedeckter, sandiger Waldboden.

Profil XVI. Sölleröd Kirkeskov, 1. Kopenhagener Forstdistrikt (Seeland). Nördliche Böschung am Saume eines mehr als 200jährigen Buchenwaldes, der gegen Westen geöffnet und in einer sehr langen Reihe von Jahren (wenigstens 50 Jahren) vom Winde stark mitgenommen ist. Die Bäume haben eine Höhe von ca. 70 Fuss und beginnen wipfeldürr zu werden. Drittehalbzölliger, nicht sehr fester Torf, drittehalbzölliger, weissgrauer Bleisand, drei- bis vierzölliger, erdartiger Humusortstein über einem Untergrunde von feinem, gelbem, lehmigem Sande. Die Probe des Untergrundes wurde in einem Abstande von 14—21 Zoll von der Oberfläche genommen.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Bleisand	Ortstein	Untergrund
Kies	1,00	0,70	0,60
Grober Sand	13,36	12,34	10,80
Feiner Sand	68,64	66,76	76,80
Thon	12,74	10,03	8,30
Humus	2,02	4,14	0,76
Chemisch gebundenes Wasser	0,97	0,86	0,51
Hygroskopisches Wasser	0,45	1,51	0,63
Eisenoxyd	0,43	2,56	1,10
Thonerde	0,39	1,10	0,50
Im Ganzen Feinerde	85,6	86,9	88,6

100 Theile steinfreier Erde haben absorbirt:

	Bleisand	Ortstein	Untergrund
Ammon	0,034	0,090	0,030
Kali	0,048	0,100	0,010
Phosphorsäure	0,041	0,215	0,113

Profil XVII. Nordskov, Silkeborger Forstdistrikt (Jütland). Hochliegender Thalstrich, von niedrigen, schwach ansteigenden Hügelpartien begrenzt, mit sehr schlechtem und unvollständig geschlossenem Buchenwald; 1—2zölliger, zäher und fester Torf, 12½zölliger, weisslicher Bleisand und 6zölliger Ortstein über gelbem Sande. Die Probe des Untergrundes ist in einem Abstande von 38 Zoll von der Oberfläche herausgenommen.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Bleisand	Ortstein	Untergrund
Kies	12,00	13,69	12,69
Grober Sand	37,58	39,61	29,72
Feiner Sand	47,45	34,20	52,88
Thon	1,10	4,39	0,87
Humus	1,25	3,75	1,62
Chemisch gebundenes Wasser	—	—	—
Hygroskopisches Wasser	0,56	1,84	0,78
Eisenoxyd	0,05	2,08	0,95
Thonerde	0,01	0,44	0,49
Im Ganzen Feinerde	50,42	46,70	57,59

100 Theile steinfreier Erde haben absorbirt:	Bleisand	Ortstein	Untergrund
Ammon	0,003	0,013	0,007
Kali	·0,046	0,062	0,055
Phosphorsäure	—	0,114	0,041

Torfbedeckter Haideboden.

Profil XVIII. Holt Plantage im Kirchspiel Rind, Amt Ringkjöbing (Jütland). Ziemlich hoch gelegenes Plateau mit schwachem, nördlichem Abfall; unberührte Haide, mit kräftigem Haidekraut bewachsen. Die Oertlichkeit gehört zu den hügeligen Haidepartien und ist als guter Haideboden zu bezeichnen. Dreizöllige Haidekruste, vierzölliger Bleisand, zehnzölliger Humusortstein von gleichem Aussehen und gleicher Beschaffenheit wie Schicht b auf Taf. III, Fig. 4. Die Oertlichkeit muss zu den trockneren gerechnet werden, und die mit a''' bezeichnete Schicht auf der genannten Figur hatte darum hier keine grössere Entwickelung als die entsprechende Schicht in Fig. 6 und 7 der Taf. III. Die Probe des Untergrundes wurde zwischen 18 und 24 Zoll von der Oberfläche herausgenommen.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Bleisand	Ortstein	Untergrund
Kies	4,82	3,75	7,00
Grober Sand	22,70	24,63	36,72
Feiner Sand	68,97	44,29	41,41
Thon	2,54	1,85	10,69
Humus	0,34	8,87	1,11
Chemisch gebundenes Wasser	—	—	0,33
Hygroskopisches Wasser	0,21	13,49	0,84
Eisenoxyd	0,28	1,94	1,35
Thonerde	0,14	1,18	0,55
Im Ganzen Feinerde	72,5	71,6	56,3

100 Theile steinfreier Erde haben absorbirt:

	Bleisand	Ortstein	Untergrund
Ammon	0,003	0,065	0,016
Kali	0,116	0,231	0,110
Phosphorsäure	—	0,331	0,108

Vergleichende Untersuchungen des Bodens in Eichengebüsch und Haide bei Viborg (Jütland).

a. Mullboden des Gebüsches.

Profil XIX. Viborg Krat, Viborger Forstdistrikt. Sehr schwach abfallendes Terrain (90 Fuss über dem Meere), auf dem Uebergang zwischen der hügeligen Haide und der Haideebene, 40 Fuss von der Ostgrenze des Gehölzes, bestanden mit wohl geschlossenem, recht gutem Eichenstangenholz, das aus Loden herangewachsen ist; der Boden mit der Flora des Gestrüppmulls bedeckt. Ein- bis zweizölliger, graulicher Mull, Struktur von Regenwurm-Exkrementen; sieben- bis neunzölliger, gelbgrauer und vollkommen lockerer Sand, dessen grauliche Färbung sich allmählich mit der Tiefe verliert; achtzöllige, hellgelbbraune Erdschicht, deren Farbe sich kaum von der des Untergrundes unterscheiden lässt; dieser besteht aus gewöhnlichem ockergelbem Haidesand. Das Profil ist auf Taf. III, Fig. 2 dargestellt. Die Probe der obersten Schicht ist 3 Zoll, die der mittleren 12 Zoll und die der untersten 23 Zoll von der Oberfläche herausgenommen.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Abstand der untersuchten Bodenschichten von der Oberfläche		
	3 Zoll Mull	12 Zoll Ortstein	23 Zoll Untergrund
Kies	4,53	5,24	5,63
Grober Sand	28,63	27,12	29,01
Feiner Sand und Thon[1]	61,24	62,49	62,56
Humus (Glühverlust)	2,73	2,18	0,53
Hygroskopisches Wasser	1,87	1,65	1,10
Eisenoxyd, Thonerde	1,00	1,32	1,17
Im Ganzen Feinerde	66,84	67,64	65,36

100 Theile steinfreier Erde haben absorbirt:

Ammon	0,037	0,035	0,023
Kali	0,055	0,059	0,049
Phosphorsäure	0,137	0,185	0,129

[1] In den Profilen XIX, XXI und XXII ist die geringe Thonmenge nicht

Profil XX. Halder Eichenwald, zum Gute Hald gehörig (150 Fuss über dem Meere). Schwach abfallendes Terrain, östlicher Böschung mit 100—200jährigem, unregelmässig und unvollständig geschlossenem Eichenwald bewachsen. Der Boden mit einer dünnen Schicht Eichenlaub bedeckt und mit zerstreuten Wachholdersträuchen, einzelnen Heidelbeerbüschen, sowie etwas Gras, Adlerfarn und Wachtelweizen (*Melampyrum*) bewachsen. Zwei- bis dreizölliger graulicher Mull, sechszölliger grauweisser, vollkommen lockerer Sand, sechs- bis achtzöllige deutlich entwickelte, gelbbraune Schicht von ganz derselben Konsistenz wie der Untergrund, welcher aus gewöhnlichem, ockerfarbigem Haidesand besteht. Ein Profil von ganz entsprechender Beschaffenheit und von derselben Oertlichkeit, aber mit etwas verschiedener Mächtigkeit in den einzelnen Schichten ist auf Taf. III Fig. 5 dargestellt.

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Abstand der untersuchten Bodenschichten von der Oberfläche		
	4—5 Zoll Bleisand	12 Zoll Ortstein	24 Zoll Untergrund
Kies	4,40	4,80	6,00
Grober Sand	26,00	25,40	26,80
Feiner Sand	65,66	62,34	60,68
Thon	3,00	3,00	3,25
Humus (Glühverlust)	0,56	1,76	1,04
Hygroskopisches Wasser	0,10	0,95	0,80
Eisenoxyd, Thonerde	0,28	1,75	1,43
Im Ganzen Feinerde:	69,60	69,80	67,20

100 Theile steinfreier Erde haben absorbirt:

Ammon	0,022	0,033	0,027
Kali	0,036	0,029	0,028
Phosphorsäure	0,024	0,220	0,087

besonders bestimmt; es ist anzunehmen, dass sie analog dem Profil XX ein paar Procent ausmacht.

b. Junge, mit Haidekraut bewachsene Haide.

Profil XXI. Viborger Haideplantage, Viborger Forstdistrikt. Flaches Terrain (85 Fuss über dem Meere), bei der im Terrain nicht deutlich erkennbaren Grenze zwischen Haidehügel und Haideebene, 40 Fuss von der östlichen Grenze des Viborg Krat und 80 Fuss vom Profil XIX. Der Boden war mit hohem und kräftigem Haidekraut nebst einzelnen Ginster- und Wachholderbüschen und einer kräftigen Hypnumschicht bewachsen; Flechten waren beinahe nicht vorhanden, und Rauschbeeren sowie Mehlbeeren fehlten ganz. Die oberste Bodenschicht bestand aus zähem, dunklem Filz, der aus humosem Sande und Haidekrautwurzeln zusammengesetzt war, mit einer schwachen Torfbildung darüber. Bis zu einer Tiefe von zehn Zoll war der Boden graulich mullfarbig mit einer wenig helleren, bleisandartigen Färbung im untersten Drittheil und einer gegen die Oberfläche des Untergrundes zu steigenden dunkleren Färbung. Der oberste achtzöllige Theil des Untergrundes war deutlich von den tieferen ockerfarbigen Schichten desselben zu unterscheiden und hatte dieselbe Färbung, wie die einschlägigen Partien in den Profilen XIX und XX, aber etwas bräunlicher. Alle Schich-

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Abstand der untersuchten Bodenschichten von der Oberfläche		
	4 Zoll Bleisand	11 Zoll Ortstein	23 Zoll Untergrund
Kies	3,81	2,73	2,01
Grober Sand	30,80	21,10	15,21
Feiner Sand und Thon	59,92	71,07	79,72
Humus (Glühverlust)	3,30	2,05	0,61
Hygroskopisches Wasser	1,12	1,37	1,24
Eisenoxyd, Thonerde	1,05	1,68	1,21
Im Ganzen Feinerde:	65,39	76,17	82,78

100 Theile steinfreier Erde haben absorbirt:

	4 Zoll	11 Zoll	23 Zoll
Ammon	0,055	0,041	0,014
Kali	0,129	0,071	0,027
Phosphorsäure	0,193	0,269	0,098

ten waren vollkommen erdartig und leicht zu durchgraben, aber der Obergrund doch nicht so leicht wie der lockere Mull des Gestrüpps; jeder Spatenstich behielt seine Form, namentlich im Obergrunde. Das Profil ist auf Taf. III Fig. 3 abgebildet. Die Erdproben wurden in einem Abstande von bez. 4, 11 und 23 Zoll von der Oberfläche herausgenommen.

c. Vollkommen entwickelte Haide.

Profil XXII. Viborger Haideplantage, Viborger Forstdistrikt. Flaches Terrain (80 Fuss über dem Meere), an der im Terrain nicht erkennbaren Grenze zwischen Haidehügel und Haideebene, ca. 1900 Fuss von der östlichen Grenze des Viborger Gehölzes und ebenso weit von den Profilen XX und XXI entfernt. Der Boden mit typischer Haidevegetation: Haidekraut, Rauschbeeren, Mehlbeeren u. s. w. bewachsen. Die oberste dreizöllige Schicht ist normaler Haidetorf; darunter sechszölliger Bleisand, der oben und unten von eingelagerten Humuspartikeln stark gefärbt ist, wodurch die Grenze gegen die anstossenden Schichten vollkommen verwischt wird; unter dem Blei-

Bezeichnung der analysirten Erdproben	Abstand der untersuchten Bodenschichten von der Oberfläche			
	3 Zoll Bleisand	8 Zoll Torfortstein	14 Zoll Humusortstein	23 Zoll Untergrund
Kies	4,56	7,50	3,86	6,23
Grober Sand	35,03	36,21	30,41	30,45
Feiner Sand und Thon .	56,83	45,17	61,68	61,73
Humus (Glühverlust) . .	2,13	6,01	1,78	0,64
Hygroskopisches Wasser .	0,73	3,13	0,99	0,30
Eisenoxyd / Thonerde	0,72	1,98	1,28	0,65
Im Ganzen Feinerde:	60,41	56,29	65,73	63,22

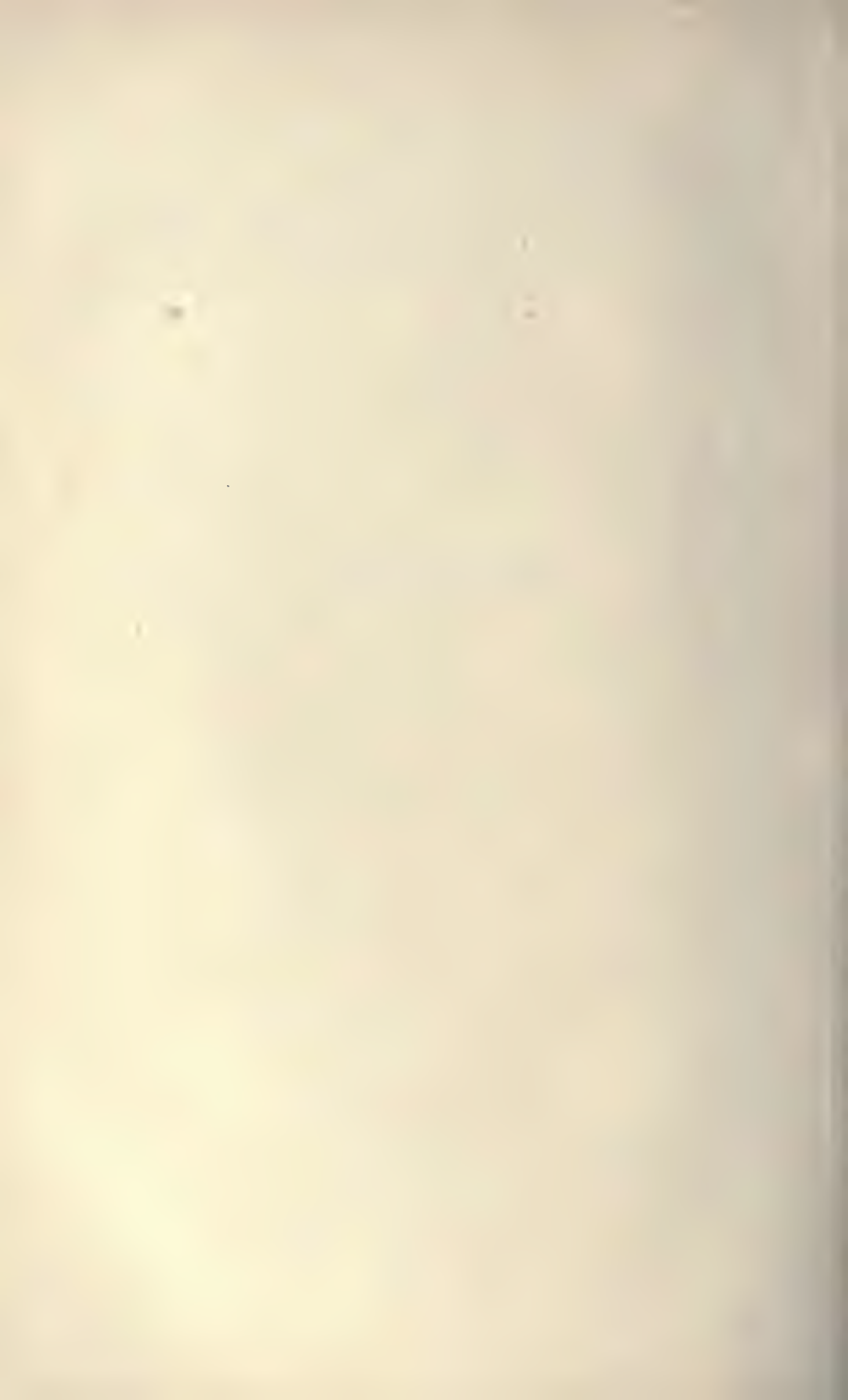
10 Theile steinfreier Erde haben absorbirt:

	3 Zoll	8 Zoll	14 Zoll	23 Zoll
Ammon	0,036	0,063	0,031	0,021
Kali	0,075	0,068	0,050	0,029
Phosphorsäure	0,096	0,353	0,325	0,051

sande befindet sich ziemlich fester, torfartiger Ortstein, der in verschiedenem Grade mit weisse Sandkörnern vermischt und von dem 8—10 Zoll mächtigen, unregelmässig gefärbten, oben dunkleren, sehr harten Humusortstein nicht scharf getrennt ist. Das Profil ist in Taf. III Fig. 4 abgebildet. Die Erdproben wurden in einem Abstand von bez. 3, 8, 14 und 23 Zoll von der Oberfläche herausgenommen.

Nachtrag.

1887.



Während der letzten drei Jahre sind mehrere neue und belangreiche Untersuchungen über die unter dem Einfluss von mechanischen und chemischen Faktoren in der obersten Erdkruste vorgehenden Veränderungen, namentlich über die Ortsteinbildung, in der deutschen Literatur, erschienen. Wir verdanken dieselben namentlich Herrn Dr. Ramann in Eberswalde[1]); doch haben auch die wissenschaftlichen Mitarbeiter des Forstdirektors Emeis in Flensburg, Professor Emmerling und der Chemiker G. Loges in Kiel durch eine Reihe von Erdanalysen werthvolle Beiträge zum Verständniss der Beschaffenheit der Wald- und Haideböden geliefert[2]), sowie auch neue Untersuchungen von Anderen gelegentlich die einschlägigen Verhältnisse berührt haben.

Ramann veröffentlicht eine namhafte Reihe hübscher Analysen von Sandböden mit Ortstein aus Schleswig-Holstein, der Lüneburger Haide, Hannover, Pommern und Böhmen. Um zu einem Verständniss der im Erdboden vorgegangenen Processe zu gelangen, hat er dasselbe Verfahren angewandt, das für die vorstehenden Abhandlungen benutzt wurde, nämlich eine chemische Analyse der verschiedenen Erdschichten, die sich an einem durch Graben hervorgebrachten Bodenprofil von oben nach unten zeigen; aus seinen Untersuchungen leitet er folgende Resultate her:

---

[1]) E. Ramann, Ueber die Verwitterung diluvialer Sande, u. Der Ortstein und ähnliche Secundärbildungen (Jahrbuch der königl. preuss. geologischen Landesanstalt für 1884 und 1885); Ueber Bildung und Kultur des Ortsteins (Danckelmann, Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen 1886).

[2]) A. Emmerling und G. Loges, Gutachten über Untersuchungen der Haupthumusarten unserer Provinz auf Anregung des Herrn Forstdirektors Emeis erstattet (Vereinsblatt des Haide-Kultur-Vereins für Schleswig-Holstein, 1886, p. 63—70, 82—88).

„Der Bleisand lässt sich bezeichnen als ein durch Verwitterung und Auswaschung von fast allen Mineralstoffen mit Ausnahme der Kieselsäure befreiter, schwach humoser Sand.“ [1])

„Der Ortstein ist ein durch humose Stoffe verkitteter Sand, d. h. ein Humus-Sandstein . . . Sind solche Bodenschichten“ — der Bleisand — „nun bis zu einem gewissen Grade an Mineralstoffen erschöpft, so lösen die Schnee- und Regenwässer Humusstoffe, führen diese in die Tiefe und schlagen dieselben auf den an Salzen reicheren Theilen wieder nieder. Ein durch solche gelöste und wieder ausgefällte Humusstoffe verkitteter Sand ist der Ortstein.“ [2])

„Der Ortstein ist im Wesentlichen ein Product der Ausfällung, und die Zusammenlagerung erfolgt, weil die Einwirkung wesentlich auf eine Schicht beschränkt ist. Der Raseneisenstein dagegen ist eine Concretion . . .“ [3]) u. s. w.

Zu ganz ähnlichen Resultaten[4]) gelangen Emmerling und Loges durch ihre vorzüglichen, noch eingehenderen Analysen von fünf verschiedenen Böden, unter welchen sich doch nur eine Ortsteinprobe findet.

Man sieht also, dass die angewandte Untersuchungsmethode, sowie die gewonnenen Resultate mit den in den vorstehenden Abhandlungen dargestellten gänzlich übereinstimmen[5]). Nicht ganz gewöhnlich in wissenschaftlichen Arbeiten ist aber die Art und Weise, in welcher Dr. Ramann mit Bezug auf diese Punkte auf die von ihm benutzte Literatur verweist. Es findet sich darüber nur in der Einleitung seines Hauptwerks folgendes angeführt: „Die zahlreichen Analysen von Tuxen stehen im schönsten Einklang mit denen des Verfassers. Viele der hier dargelegten Ansichten über die Bildungen der Ortstein- und Haidebildung finden sich theils vorgebildet, theils ausgesprochen in Emeis, waldbauliche Forschungen, und in Müller, Studier over Skovjord.“ Dass dieser allgemeine Hinweis schwerlich erschöpfend ist, geht daraus hervor, dass Dr. Ramann die oben angeführten Sätze „als die vom Verfasser aufgestellte Theorie“ erwähnt.[6])

---

[1]) Jahrb. p. 37.

[2]) Ebenda p. 38, 42.

[3]) Ebenda p. 15.

[4]) A. a. O. p. 83.

[5]) Vergl. Resumé p. 258.

[6]) Jahrb. p. 46.

Emeis sagt hierzu[1]): „Es sollte heissen, die von Emeis schon vor 10 Jahren aufgestellte Theorie.“ Es ist indessen zweifelhaft, ob diese Berichtigung auch in der That acceptirt werden wird, weil ja Emeis in dem Bleisande „eine Neuquarzbildung“ [2]) und in dem Humusortstein „eine Concretionsbildung“ [3]) sah; eine kritische Revision der einschlägigen Literatur dürfte doch vielleicht das Prioritätsrecht auf die oben erwähnten einfachen Sätze anderswo hin verweisen, obgleich Emeis in seinen in vielen Beziehungen werthvollen Abhandlungen dieselben nicht ganz übersehen hat, wie dies schon Seite 256 erwähnt wurde. In ein paar Detailfragen und in einer Hauptfrage scheint jedoch Dr. Ramann verschiedene Ansichten zu hegen von den in dieser Arbeit dargestellten; auf diese Punkte muss ich mir erlauben, hier zurückzukommen, nicht nur um den erwähnten, sehr geehrten Verfasser zu widerlegen, sondern auch um einige neue Beobachtungen hinzuzufügen, die für das Verständniss des Charakters der hier behandelten Bildungen nicht ohne Werth sein dürften.

Zur Erklärung der Ortsteinbildung bezieht sich Dr. Ramann auf die bekannte Erscheinung, dass die Humussäuren sich in reinem Wasser auflösen, durch Zusatz einer Salzlösung, namentlich alkalischer Erden und Erden aber wieder ausgefällt werden. Ist nun die oberste Erdschicht während der Bildung des Bleisandes bis zu einem gewissen Grade an Mineralstoffen erschöpft, so lösen die Schnee- und Regenwässer Humusstoffe, führen diese in die Tiefe und schlagen dieselben auf den an Salzen reicheren Theilen nieder. Warum nennt Ramann diesen Process nicht eine Absorption, wie Verf. es gethan hat? Nach König[4]) geschieht ja die Absorption der Humussäuren gerade dadurch, dass sie mit Kalk, Magnesia, Eisenoxyd und Thonerde unlösliche Doppelsalze bilden. Wenn er annimmt, dass die Ausfällung der Humusstoffe im Ortstein auf andere Weise[5]), als in allen anderen Bodenarten geschieht, so fehlt jeder Beweis für eine solche Annahme. Dabei ist aber auch zu erinnern, dass die Ortsteinschicht nicht nur ein bedeutendes Quantum Humusstoff enthält, sondern auch beträchtliche Mengen von anderen Stoffen, oftmals alle der Art, die in der obersten

[1]) Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1886 p. 258.

[2]) Vergl. S. 256, 259—260.

[3]) Vergl. S. 256, 264—265.

[4]) Landw. Jahrb. Bd. XI, 1882.

[5]) Vergl. Jahrb. p. 42, Anm.

Schicht des Bodens aufgelöst werden konnten, aufgespeichert hat. Es ist durchaus kein Grund vorhanden zu der Annahme, dass nicht unter dem Einfluss des komplicirten Processes, der durch die Absorption des Bodens bezeichnet wird, alle hier vorkommenden Stoffe in der Schicht angehäuft sein sollten.

In den vorstehenden Untersuchungen wurde die Aufmerksamkeit darauf hingeleitet (S. 195—196, 201—205), dass in den mageren Sandböden namentlich die Sesquioxyde, Eisenoxyd und Thonerde die Träger des Absorptionsvermögens der Ortsteinschicht sind, und dass in den thonärmsten Sandböden namentlich das Eisen von Bedeutung ist, wie es unsere Analysen deutlich erweisen. Hierüber sagt jedoch Ramann: „Immerhin ist nicht wegzuleugnen, dass dem Eisen als Ausfällungsmittel ein erheblicher Werth zukommen kann. Als sicher ist dies für die Thonerde anzunehmen.“ [1]) Es ist doch schwerlich ein Grund vorhanden, dem einen dieser Stoffe grössere Bedeutung beizulegen, als dem anderen. Unter Ramann's zehn Profilen zeigen die vier eine gleichmässige Bewegung von Eisenoxyd und Thonerde (I, II, V, X) oder das erstere ist entschieden im Uebergewicht (es ist hier vom Flusssäureaufschluss abgesehen, dessen Menge an Thonerde in der Gestalt von Thon zugegen sein muss). Aus Tuxen's fünf Analysen von mageren Sandböden, in welchen beide Stoffe bestimmst sind, geht ebenfalls hervor, dass sie derselben Bewegung folgen, oder dass das Eisen in dem Ortstein überwiegend ist.[2]) Nur in den weniger thonarmen oder in den thonreichen Böden mit Ortstein kann die Thonerde das Uebergewicht bekommen (Tab. II). Beide Sesquioxyde üben desshalb, laut der vorliegenden Analysen, Einfluss auf die Ortsteinbildung; in den magersten Sandböden aber, worin diese am häufigsten auftritt, wird das Eisenoxyd in dieser Beziehung die überwiegende Rolle spielen.

Dr. Ramann schreibt: „Neben der gewöhnlichen, sich in verschiedenen Tiefen unterhalb des Bodens, jedoch immer an der Grenze des Verwitterungssandes sich hinziehenden Ortsteinschicht findet sich noch in den nassen Haiden eine zweite Form des Orts.“

---

[1]) Jahrb. p. 44.

[2]) Die von Emmerling und Loges analysirte Ortsteinprobe scheint auch aus thonhaltigerem Boden herzurühren, als sie die jütischen Haiden gewöhnlich darbieten, und ihr Ortstein enthält darum auch ein bedeutendes Quantum Thonerde (a. a. O. p. 82).

Diese, vom Verfasser als „unterer brauner Ortstein“ bezeichnet, unterscheidet sich ganz wesentlich von der gewöhnlichen Form.“[1]) Er ist heller, charakteristisch ist die zähe Beschaffenheit und schwierigere Verwitterung. Emeis ist mit Ramann nicht ganz einverstanden in seiner Charakteristik dieses unteren braunen Ortsteins und spricht demselben mit Recht besonders die ihm von Ramann zugeschriebene schwierigere Verwitterung ab. Ich muss hieran noch eine Berichtigung knüpfen. Ramann's unterer Ortstein ist nämlich keine besondere Schicht, sondern dem gewöhnlichen Ortstein ganz analog, was die auf Taf. III gezeigte Entwickelungsgeschichte der Schichten darthut. Wo Ramann diese Schicht gefunden hat, nämlich auf den nassen Haiden, ist dagegen eine oberste Schicht von schwarzem Ortstein hinzugekommen, namentlich durch Ausschlämmung von Humus-Kohle und -Staub hervorgerufen, wie S. 188 und Taf. III Fig. 4 nachgewiesen, und also anderen Ursprungs als der normale Ort, der vornehmlich durch Ausfällung einer Auflösung gebildet wird.

Der geehrte Verfasser schreibt ferner[2]): „Es ist so nachgewiesen, dass im Ortstein ein Gebilde vorliegt, welches, wenn auch überwiegend im Gebiete des Flachlandes vorkommend, doch in jeder Gegend und jeder Formation gebildet werden kann, wenn die Bedingungen des Auftretens gegeben sind. Der mögliche Einwurf, warum dann nicht auf allen armen Sandböden auch Ortsteinabscheidungen eintreten, ist zur Zeit noch nicht zu beantworten.“ Auf diese sehr einfache Weise verwirft Dr. Ramann das Ergebniss der in den vorstehenden Abhandlungen niedergelegten Beobachtungen, die ihm genau bekannt waren, und die sich bezüglich dieses Punktes folgendermassen rekapituliren lassen:

Ob sich in einer Erdschicht Bleisand und Ortstein bilden oder nicht, beruht auf dem Reichthum des Bodens an basischen Elementen und der in der Erdkruste gebildeten Menge von löslichen Humussäuren. Wo die Luft reichlichen Zutritt hat, wie im Mullboden, bilden sich so geringe Mengen löslicher Humussäuren, dass diese nur in den allerärmsten Böden Bleisand- und Ortsteinbildungen hervorbringen können (Taf. III, Fig. 5), und der Ortstein wird hier immer nur schwach entwickelt sein. Wo der Boden an basischen Elementen reicher ist, muss eine Bil-

---

[1]) Jahrb. p. 7. 8.

[2]) Jahrb. p. 48.

dung von torfartigem Humus den Boden decken, um die Entwickelung der beiden genannten Schichten zu ermöglichen.

Andrerseits wird der torfartige Humus nur ausnahmsweise Ortsteinbildungen hervorrufen an solchen Stellen, wo sich der mineralische Boden schwierig seiner basischen Elemente berauben lässt. Es sind zwei Fälle dieser Art aus Dänemark angeführt worden, und es kann hier hinzugefügt werden, dass die torfartige Decke, die oft unter einer Azalea-Vegetation die Oberfläche der Hochgebirge bekleidet, in den nördlichen Kalkalpen, deren Verwitterungsboden ein kalkreicher Mergel ist, so weit meine Beobachtungen reichen, keine Ortsteinbildung veranlasst. Dass andrerseits in einem sehr magern Boden ohne torfartigen Humus dennoch Ortstein entstehen kann, habe ich in den Wäldern von Pinus Maritima in Les Landes südlich von Bordeaux zu beobachten Gelegenheit gehabt. Dort finden sich bekanntlich Ortsteinbildungen, und zwar stellenweise auf Flecken, wo der reiche Nadelabfall der Kiefern bei dem warmen Klima des Südens während des Sommers so schnell auf der Erde destruirt wird, dass man, wo eine Bodenvegetation fehlt, in dem geschlossenen Walde auf fast nackten Sandboden tritt.

Woraus schliesst nun aber Dr. Ramann, dass die Ortsteinbildungen nicht allein in Flachländern, sondern „in jeder Gegend und jeder Formation“ vorkommen können? Unter seinen 10 Profilen stammen die 9 aus dem norddeutschen Schwemmlande und nur 1 aus dem Böhmischen Quadersandstein, und alle 10 Analysen rühren von magern Sandböden her, indem nur bei seinem Profil IV angeführt wird, dass der Untergrund „schwach lehmiger Sand“ ist; der von ihm gezogene Schluss lässt sich offenbar nicht auf dieses Material stützen. In den beiden vorstehenden Abhandlungen ist indessen ausführlich erwiesen worden, dass Ortsteinbildungen sowohl in lehmigen und thonigen Böden, als im Sande vorkommen können, und ich füge hierzu noch einige neue Beobachtungen über das Vorkommen des Humusortsteins auf wirklichem Verwitterungsboden und in Schichten von beinahe plastischem Thon.

Die höheren Partien des Böhmerwaldes in der Gegend der oberen Moldau sind mit dichten Wäldern, besonders von Weisstannen und Fichten, bewachsen; diese Bestände haben an mehreren Stellen zum Theil den Charakter des Urwaldes bewahrt, indem alte Stämme auf dem Waldboden hingestreckt liegen und zum Humusreichthum der Oberfläche beitragen. Während man in den niedrigeren Partien,

wo besonders die Buche und Weisstanne vorherrschen, den Boden mullreich findet, wie in unsern guten Wäldern, ist derselbe in jenen höheren Gegenden von einer torfartigen Schicht bedeckt, dem Buchentorf in den dänischen Wäldern und dem Haidetorf auf der nordeuropäischen Tiefebene gänzlich entsprechend. Unter dieser Schicht, die oft eine Mächtigkeit von mehreren Zoll erreicht, findet sich — so z. B. in der Umgegend des Blöckensteiner Sees — der scharfkantige Verwitterungskies des feldspatharmen Granits ganz auf dieselbe Weise, wie der Bleisand, entfärbt, und unter demselben haben sich die Humusstoffe in den hinabgeschlämmten Thonschichten zu manchmal mächtigen Ortsteinbildungen gelagert.

Das Riesengebirge, diese allen Norddeutschen so wohlbekannte Gegend, bietet ganz dieselben Verhältnisse. Wenn man von Hermsdorf aus durch die ausgedehnten Wälder, die den Nordabhang des Gebirges bedecken, nach der Schneekoppe aufsteigt, findet man zu unterst einen dürftigen Mull, hie und da von einer schwachen, hellen Torfbildung von ungefähr 1 Zoll Mächtigkeit unterbrochen. Je nachdem man aber höher steigt, werden die Torfbildungen allgemeiner, und bei den „Korallensteinen“ findet sich schon dunkler, fester Torf von mehreren Zoll Mächtigkeit; unter diesem hat der hier vorkommende feldspathreichere Granit ganz dasselbe Aussehen, wie auf den höheren Partien des Böhmerwaldes. Mächtige Bleisandschichten, aus dem scharfkantigen Verwitterungskies des Granits bestehend, sind über dicken, intensiv gefärbten Schichten von Humusortstein gelagert. Diese Bildungen begleiten den Wanderer auf der ganzen Strecke durch den immer lichteren und geringwüchsigeren Fichtenwald bis auf den nackten Kamm.

Auf den Hochgebirgen von Norwegen hatte ich Gelegenheit zu noch interessanteren Beobachtungen auf der Strecke zwischen Drontheim und dem schwedischen Orte Oestersund, wo vorwiegend silurisches Gestein durch seine Verwitterung die Bildung von fruchtbaren Böden mit üppigen Weiden veranlasst, die als Regel mit Mull bedeckt sind und in der herrlichsten Hochgebirgsflora prangen. Wo sich auf diesem fruchtbaren Boden hin und wieder plastischer Thon findet, welcher das Wasser nur sehr langsam hindurchlässt und deshalb zu Versumpfungen Anlass giebt, oder wo sich Anhäufungen von magerem Sand oder Kies vorfinden, da ist die Oberfläche von einer torfartigen Schicht bedeckt, worunter Bleisand und Ortstein in gewöhnlicher Weise vorkommen, während auf den mullbekleideten üppigen Gras-

fluren keine Spur von diesen Schichten zu finden ist. Ich stelle die Abbildung eines Profiles her, entnommen in der Nähe der an der Waldgrenze gelegenen Eisenbahnstation Storlien (ca. 600 m Mh.), wo niedrige und verkümmerte Birken in lichtem Bestande die äussersten Vorposten des Waldwuchses nach den baumlosen Hochgebirgen zu bilden.

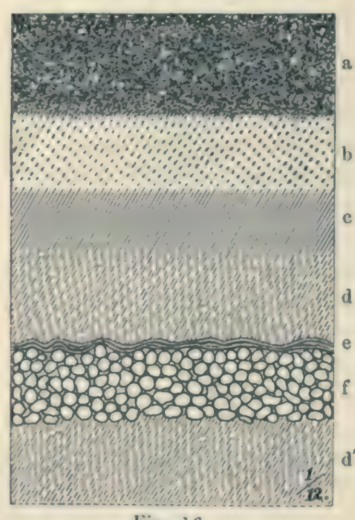


Fig. 16.

a. Torfschicht; b. graulich weisser Thon; c. schwarzbrauner, humusreicher Thon; d. und d′ blaugrauer, plastischer Thon; e. unregelmässige, harte und dichte Schicht, überwiegend aus Eisenocker bestehend, f. Schicht von abgerundeten Steinen.

Zu oberst findet sich sechszölliger Torf, darunter vier- bis fünfzölliger ausgewaschener, fast weisser Thon, der auch in Dänemark auf ähnlichem Boden beobachtet ist. (S. Prof. IX p. 26.) Darunter findet sich drei- bis vierzölliger schwarzbrauner, humusreicher Thon, der allmählich in fünf- bis sechszölligen grauen, beinahe plastischen Thon übergeht, welcher wiederum durch eine fünf- bis sechszöllige Schicht von bohnengrossen Steinen von dem ebenfalls graulichen, plastischen Thon des Untergrundes getrennt ist. Dieses Profil ist namentlich dadurch lehrreich, dass es unmittelbar demonstrirt, wie die Auswaschung vorgegangen ist. Die oberste Grenze zwischen dem Thon und der Steinschicht ist nämlich von einer mehrere Millimeter[1]) dicken Schale von Eisenocker bedeckt; es ist dies das Eisen des weissen Thons, das als lösliche Eisenoxydulsalze aus dem hinabsickernden Wasser ausgezogen, von dem an kräftigeren Basen reicheren unterliegenden Thon nicht absorbirt wurde, aber endlich auf der Unterseite des letzteren in der Steinschicht auf die atmosphärische Luft gestossen und dadurch zu Eisenoxydhydrat oxydirt ist. Einige hundert Ellen von diesem Profil entfernt fand sich eine Kiesbank, die an einem Profil von 1 Fuss Tiefe ganz dasselbe Aussehen wie Fig. 1 p. 23 darbot. Unter dreizölligem Torf

[1]) Die Fig. 16 zeigt die Ockerschicht ein wenig zu dick.

fand sich drei- bis vierzölliger Bleisand und darunter eine ebenso mächtige Schicht von Humusortstein.

Der feine, magere Sand, der die merkwürdigen Sanddünen von Röros bildet, die auf der Hochebene mehr als 1800 Fuss über dem Meere gelagert sind, begleitet den Reisenden mit verschiedenen Varianten hinab durch das gegen 250 Kilometer lange, bewaldete „Oesterdal" bis nach Elverum, und in diesen hügeligen Sandpartien sind Bleisand und Ortstein im Erdboden ausserordentlich verbreitet. Doch ist in den Wäldern auf hohem und trockenem Boden sowohl die Torfschicht, die den Boden deckt, als die beiden darunter auftretenden Schichten nur schwach entwickelt; den Ortstein habe ich hier nur in der Gestalt von erdartiger und leicht bröckliger Rotherde gefunden, obschon derselbe auf feuchteren Stellen wahrscheinlich mit grösserer Mächtigkeit und Härte auftritt.

Wenn man sich die grosse Verbreitung des torfartigen Humus vergegenwärtigt, nicht nur auf den Hochgebirgen Mittel- und Nordeuropas, sondern namentlich auf den Tundras, die nördlich der Waldgrenze die arktischen Regionen in so unermesslichen Strecken einnehmen, so erhebt sich, nachdem unter dem torfartigen Humus in jenen subalpinen Gegenden Ortsteinbildungen nachgewiesen worden sind, die Frage, die einer Untersuchung wohl werth wäre, ob sich nicht die ausgedehntesten Ortsteinbildungen der Erde auf Lokalitäten dieser Art finden sollten. Einen sehr interessanten Beitrag zum Verständniss der Beschaffenheit der Erdkruste unter einem arktischen Klima hat Prof. Warming geliefert, nach dessen Beobachtungen der Haideboden in Grönland von einer torfartigen Schicht bedeckt ist, wogegen die niedrigen und dichten Weidengebüsche der besseren Böden sogar im mittleren Grönland auf einer lockeren, mullartigen, von Regenwürmern bewohnten Oberkruste wachsen. Sollte sich die Vermuthung wegen der grossen Verbreitung der Ortsteinbildungen in den arktischen Gegenden bestätigen, so wird dadurch die p. 271 ausgesprochene Ansicht noch mehr gestützt, nämlich dass die Haidebildung auf den magern, einförmigen Haideebenen Jütlands mit ihren mächtigen Bleisand- und Ortsteinschichten auf die Eiszeit zurückzuführen ist, ja es wird sogar annehmbar erscheinen, dass diese Schichten, die hier weit mächtiger auftreten, als in den hügeligen Haiden, zum grossen Theil von der Vegetation der postglacialen Zeit, die auch an anderen Orten ihre Ueberbleibsel in unserm Boden hinterlassen hat, geradezu hervorgebracht sind.

Erklärung der Tafeln.

Taf. I.

Analysen von Walderde mit Buchen-Mull. Procentmenge von verschiedenen Stoffen in ungleicher Tiefe des Bodens. Drei Profile, beschrieben S. 109—112.

Taf. II.

Analysen von Walderde mit Buchen-Torf. Procentmenge von verschiedenen Stoffen in ungleicher Tiefe des Bodens. Fünf Profile, beschrieben S. 112—116.

Taf. III.

Fig. 1. Mullartiger Sandboden mit allmählichem Uebergang zwischen dem humusfarbigen Obergrund (a) und dem ockerfarbigen Untergrund (c), ohne Entwickelung von Thonortstein und ohne irgend eine Spur von beginnendem Humusortstein. Dieses Profil giebt ein Bild von den besten Partien in den jütischen Eichen-Wäldern und -Gebüschen auf dem thonarmen Geschiebesande.

Fig. 2. Mullartiger Sandboden mit schwach beginnendem Humusortstein (b) in der obersten Schicht des Untergrundes; Profil XIX, beschrieben S. 147. Dieses Profil giebt ein Bild von der gewöhnlich vorkommenden Beschaffenheit der guten Partien in den jütischen Eichen-Wäldern und -Gebüschen auf dem thonarmen Geschiebesande.

Fig. 3. Neue Haidebildung ohne ausgeprägte Torfschicht, aber mit deutlich beginnender Bildung von torfartigem Ortstein und Humusortstein; Profil XXI, beschrieben S. 147.

Fig. 4. Alte Haidebildung mit stark entwickeltem torfartigem Ortstein und Humusortstein; Profil XXII, beschrieben S. 148. Dies Profil giebt ein Bild des Bodens auf den feuchteren Partien der alten Haidebildungen.

Fig. 5. Lockerer Gebüsch-Mull mit bleisandartigem Obergrund und deutlich beginnendem Humusortstein; Profil XX, beschrieben S. 136.

Fig. 6. Der Boden in einer alten überwachsenen Flugsandstrecke. Zu oberst neue Torfbildung mit Bleisand und Ortstein in

dem zusammengewehten Sande; darunter Reste der überdeckten Haidekruste mit altem Bleisand und Humusortstein. Birkebäk Sande; s. S. 227.

Fig. 7. Derselbe Boden in derselben Oertlichkeit; die ganze übergewehte Sandschicht ist ihres Eisenoxyds beraubt.

Fig. 8. Boden mit mullartigem Obergrund (α), hochliegendem Thonortstein mit Raseneisensteinknollen (β) und lehmigem Untergrund (γ). Flachgrundiger Lehmboden im Sofie-Amaliegaarder Walde in Jütland. S. S. 221.

Taf. IV.

Fig. 1. Darstellung der Bewegungen des Eisenoxyds und des Thons von 0 bis 40 Zoll Tiefe sowohl in mullartigem als in torfbekleidetem, lehmigem Waldboden mit Buchenbestand. Die Menge der beiden Stoffe bei einer Tiefe von 40 Zoll ist = 100 gesetzt, und die Menge derselben in den übrigen Erdschichten im Verhältniss dazu ausgedrückt. Durchschnittszahlen von einer Reihe Bestimmungen.

Fig. 2. Darstellung der Bewegung des Eisenoxyds und des Thons in einer Tiefe von 0 bis 40 Zoll sowohl in mullartigem als in torfbekleidetem westjütischen Sandboden, ersterer mit Eichenwald und Gestrüpp, letzterer mit Haidekraut bewachsen. Alle Angaben sind im Verhältniss zu der Menge beider Stoffe, die in einer Tiefe von 40 Zoll auf dem in Fig. 1 dargestellten Lehmboden vorkam, ausgedrückt. Durchschnittszahlen von einer Reihe Bestimmungen; bei einigen von diesen sind aber die angeführten Daten berechnet, weil nur eine quantitative Bestimmung von Eisenoxyd und Thonerde zusammen vorlag; die Thonerde ist abgerechnet nach dem durch eine Reihe von Analysen in ganz ähnlichen Oertlichkeiten gefundenen durchschnittlichen Procent, das dieser Stoff in der Summe beider ausmachte.

Taf. V.

Fig. 1. Die Procentmenge von Eisenoxyd und Thonerde in Bleisand, Humusortstein und Untergrund in folgenden vier verschiedenen torfbekleideten Wald- und Haideländereien. Profil XV, Strandskov, beschrieben S. 302, Profil XVI, Sölleröd Kirkeskov, beschrieben S. 303, Profil XVII, Wald bei Silkeborg, beschrieben S. 304 und Profil XVIII, Haide bei Herning, beschrieben S. 305.

Fig. 2. Die Procentmenge von organischem Stoff in denselben Erdproben.

Fig. 3. Angabe der Menge von Phosphorsäure, welche 100 Gramm steinfreier Erde derselben Erdproben aus 100 Kubikcentim. Auflösung gezogen haben.

Fig. 4. Angabe der Menge von Ammon, welche 100 Gramm steinfreier Erde derselben Erdproben aus 100 Kubikcentim. Auflösung gezogen haben.

Taf. VI.

Fig. 1. Die Procentmenge von Eisenoxyd und Thonerde zusammen in gutem Gebüsch-Mull (Profil XIX, Taf. III, Fig. 2), in bleisandartigem Gebüsch-Mull (Profil XX, Taf. IV, Fig. 5), in junger Haide (Profil XXI, Taf. III, Fig. 3) und in alter Haide (Profil XXII, Taf. III, Fig. 4), in Obergrund, Humusortstein und in ortsteinfreiem Untergrunde.

Fig. 2. Die Procentmenge organischen Stoffs in denselben Erdproben.

Fig. 3. Angabe der Menge von Phosphorsäure, welche 100 Gramm steinfreier Erde derselben Erdproben aus 100 Kubikcentim. Auflösung gezogen haben.

Fig. 4. Angabe der Menge von Ammon, welche 100 Gramm steinfreier Erde derselben Erdproben aus 100 Kubikcentim. Auflösung gezogen haben.

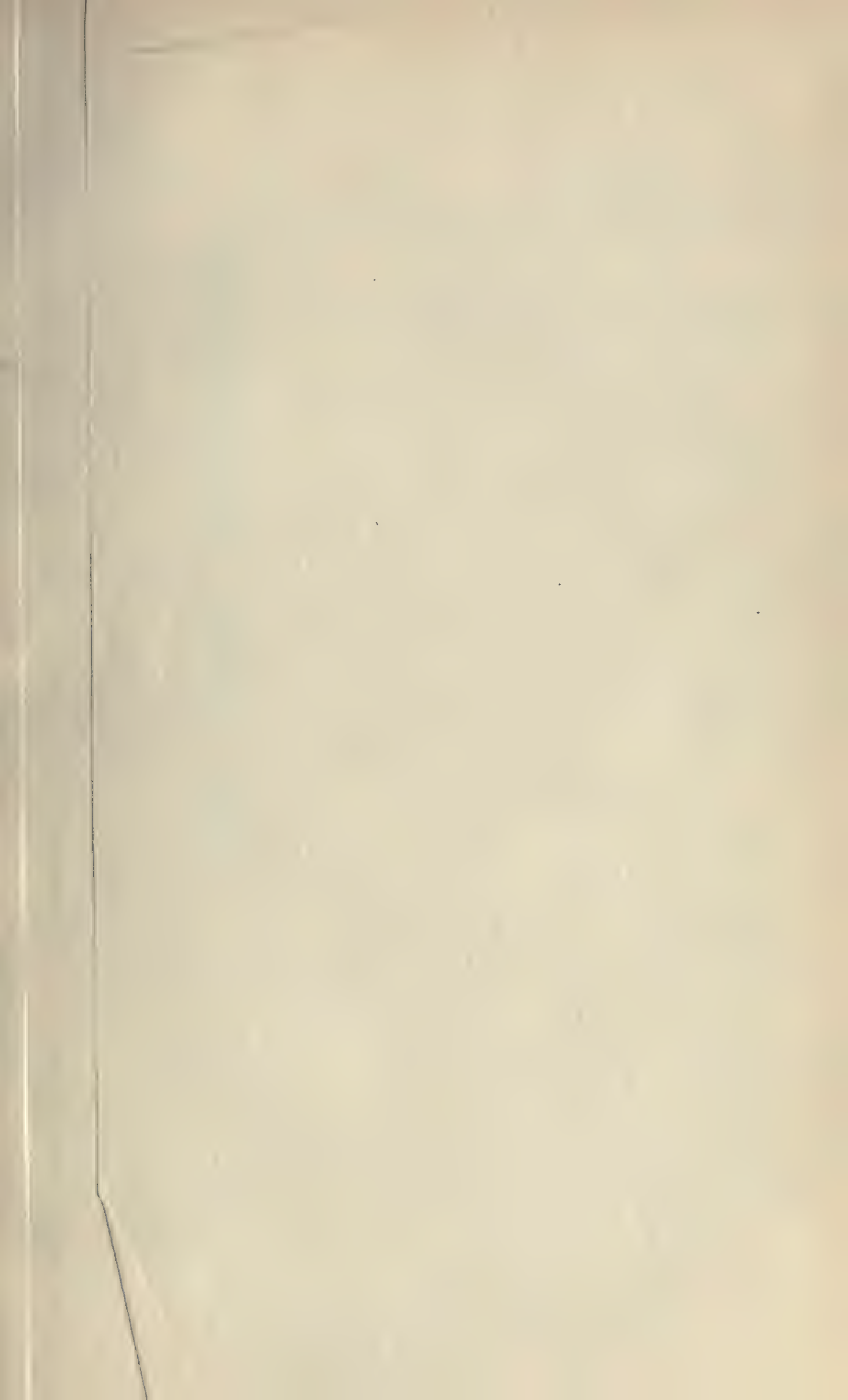
Taf. VII.

Fig. 1. Die Procentmenge von Eisenoxyd und Thonerde in verschiedener Tiefe in mullartigem und lehmigem, mit Buchen bestandenem Waldboden in folgenden drei Oertlichkeiten: Profil XII, Gelsskov, beschrieben S. 299, Profil XIII, Gelsskov, beschrieben S. 300, Profil XIV, Store Hareskov, beschrieben S. 301.

Fig. 2. Die Procentmenge von organischem Stoff und Thon in denselben Erdproben.

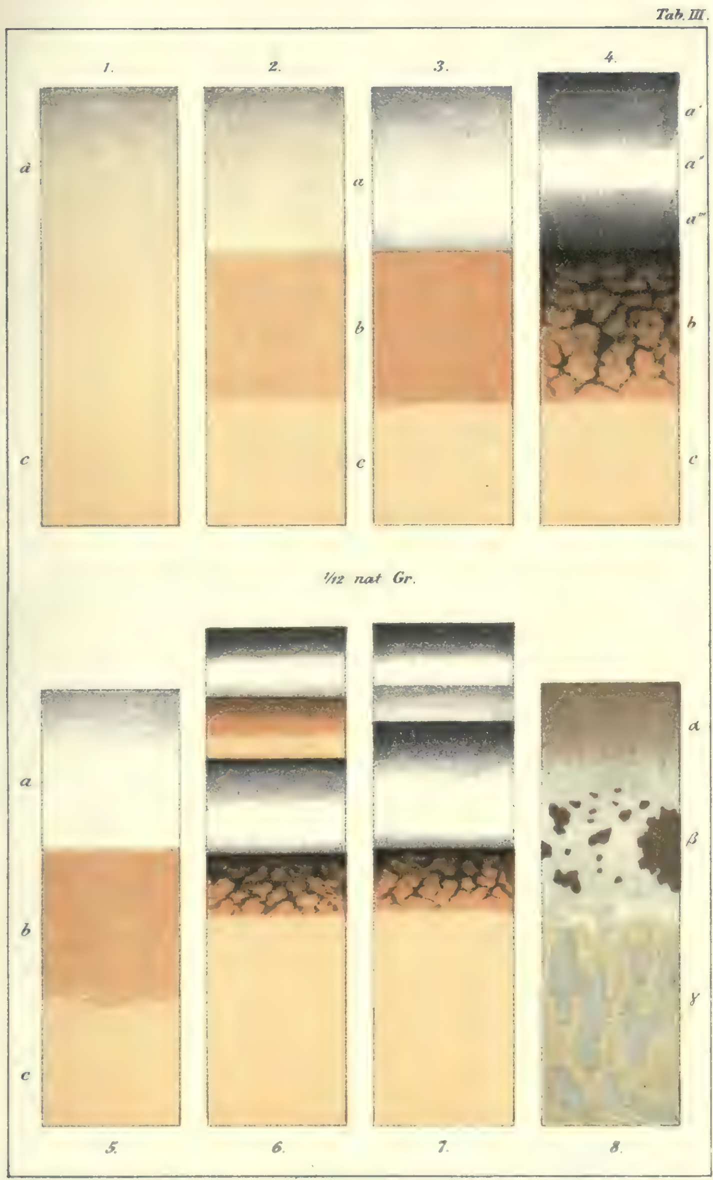
Fig. 3. Angabe der Menge von Phosphorsäure, welche 100 Gramm steinfreier Erde derselben Erdproben aus 100 Kubikcentim. Auflösung gezogen haben.

Fig. 4. Angabe der Menge von Ammon und Kali, welche 100 Gramm steinfreier Erde derselben Erdproben aus 100 Kubikcentim. Auflösung gezogen haben.





Tab. III.

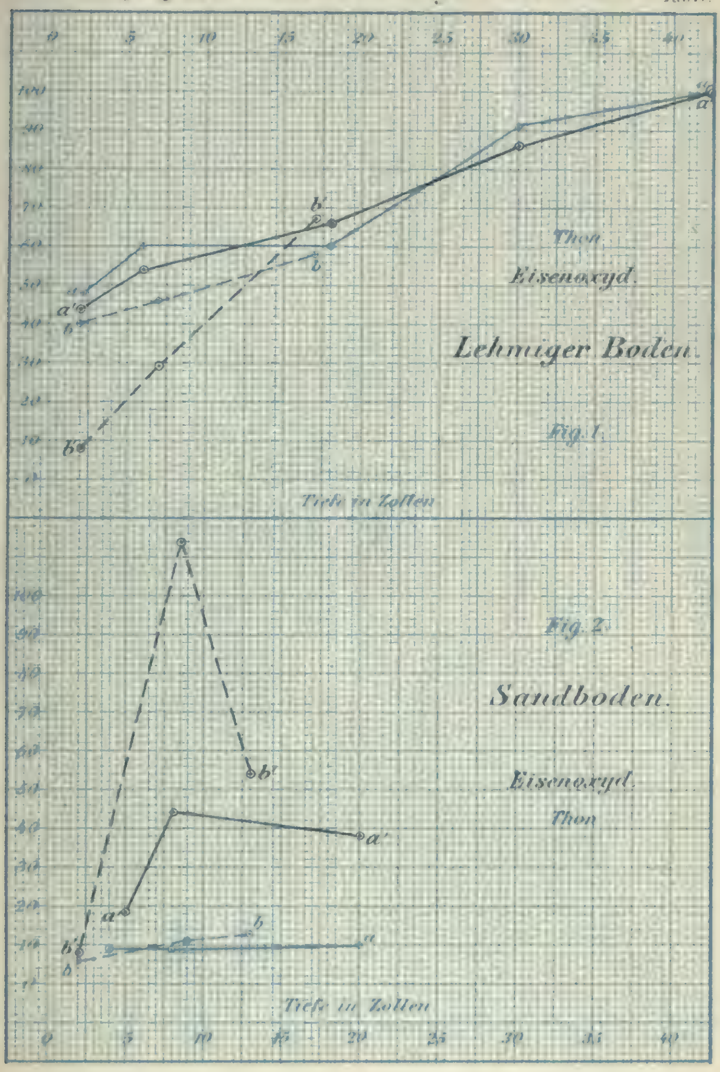


Aut. ad nat. del.

Hoffensberg & Trap's Etabl.



Bewegung des Thons und Eisenoxyds im Waldboden. Taf. IV.



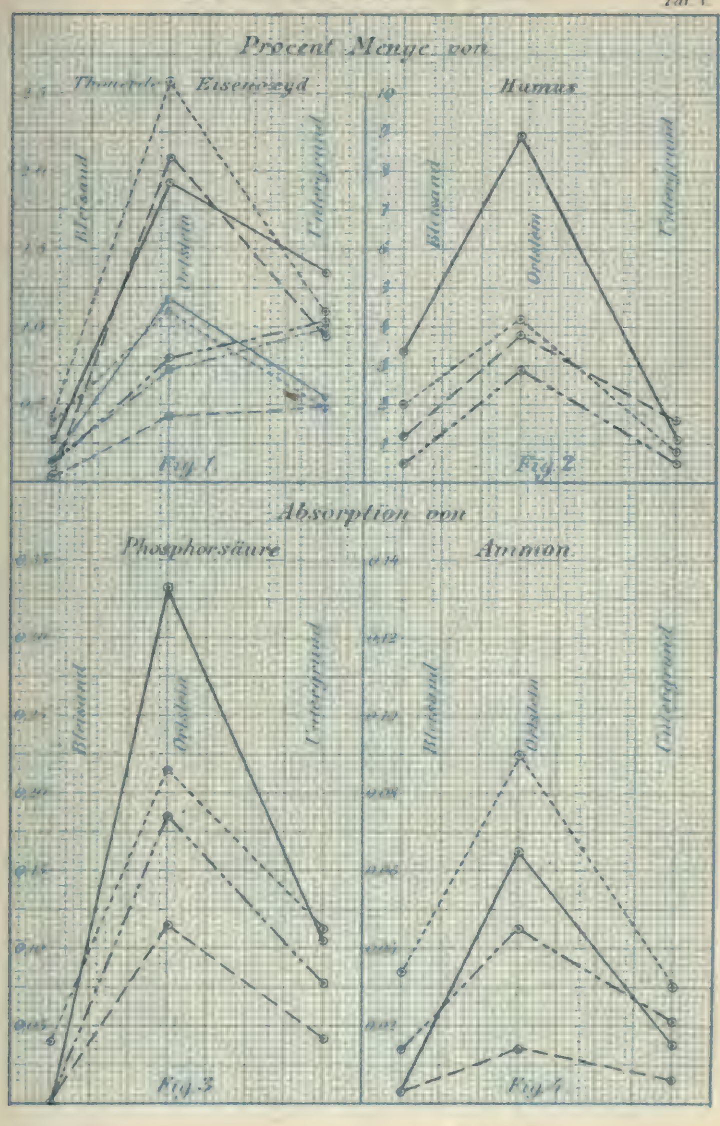
Mullboden ———— Torfboden - - - -

Durchschnittliche Menge des Thons und Eisenoxyds in verschiedener Tiefe.

Hoffensberg & Trap



Der mit Torf bedeckte Boden.

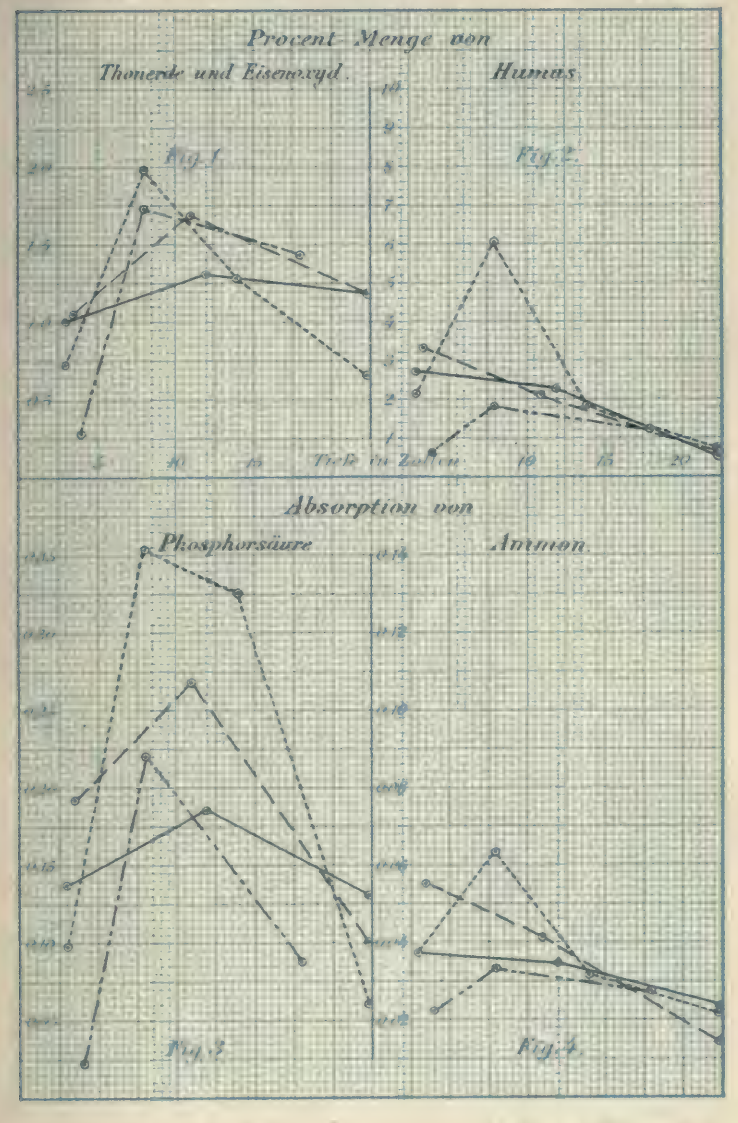


—— *Haide bei Herning.* — — — *Wald bei Silkeborg.*

— - - — *Strandskov.* ------- *Sölleröd Kirkeskov.*



Der Boden im Eichengehölze und in der Haide bei Viborg. Taf. VI.



Guter Mull. — Mull mit Bleisand

Junge Haide — Alte Haide.



